



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN PARA NAVE INDUSTRIAL.

Miguel González Muro

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, a 27 de junio de 2011



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN PARA NAVE INDUSTRIAL.

MEMORIA

Miguel González Muro

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, a 27 de junio de 2011



## 1. **MEMORIA**



## ÍNDICE

1.1. OBJETO.....	6
1.2. SITUACIÓN.....	6
1.3. ANTECEDENTES .....	6
1.4. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	6
1.5. NORMATIVA .....	10
1.6. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	11
1.6.1. Tipos de esquemas de distribución .....	12
1.6.2. Solución adoptada.....	15
1.7. ILUMINACIÓN .....	16
1.7.1. Conceptos luminotécnicos .....	16
1.7.2. Sistemas de iluminación .....	19
1.7.3. Lámparas.....	20
1.7.4. Aparatos de alumbrado .....	33
1.7.5. Clasificación de luminarias.....	37
1.7.6. Niveles de iluminación recomendados .....	39
1.7.7. Cálculo del alumbrado interior .....	41
1.7.8. Solución adoptada.....	44
1.7.9. Cálculo del alumbrado exterior.....	44
1.7.10. Solución adoptada.....	44
1.7.11. Alumbrado especial de emergencia y señalización .....	44
1.7.12. Solución adoptada.....	47
1.7.13. Características de las lámparas y luminarias escogidas .....	48
1.8. TIPOS DE RECEPTORES .....	49





1.8.1. Motores .....	49
1.8.2. Receptores para alumbrado.....	50
1.8.3. Tomas de corriente.....	50
1.8.4. Interruptores y conmutadores .....	51
1.9. PREVISIÓN DE CARGAS .....	52
1.10. INSTALACIÓN DE ENLACE .....	55
1.11. CONDUCTORES Y CANALIZACIONES .....	57
1.11.1. Tipos de conductores .....	57
1.11.2. Sección del conductor.....	61
1.11.3. Canalizaciones .....	64
1.11.4. Normas para la elección de cables y tubos .....	67
1.11.5. Código de colores .....	68
1.11.6. Soluciones adoptadas .....	68
1.12. CUADROS ELÉCTRICOS .....	76
1.12.1. Interconexión de las distintas partes de la instalación .....	76
1.12.2. Ubicación .....	76
1.12.3. Composición .....	77
1.12.4. Características de los cuadros de distribución .....	78
1.12.5. Características de los circuitos.....	79
1.13. PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN .....	81
1.13.1. Dispositivos de protección.....	81
1.13.2. Protección de la instalación .....	83
1.13.2.1. Protección contra sobrecargas .....	84
1.13.2.2. Protección contra cortocircuitos .....	85
1.13.2.3. Cálculo de las intensidades de cortocircuito.....	87
1.13.2.4. Coordinación de protecciones.....	87
1.13.3. Protección de las personas .....	88



1.13.3.1. Protección contra contactos directos.....	89
1.13.3.2. Protección contra contactos indirectos .....	89
1.13.4. Solución adoptada.....	91
1.14. COMPENSACIÓN DE LA ENERGÍA REACTIVA .....	92
1.14.1. Formas de compensación.....	93
1.14.1.1. Compensación global.....	93
1.14.1.2. Compensación por sectores .....	93
1.14.1.3. Compensación individual .....	93
1.14.2. Tipos de compensación.....	94
1.14.2.1. Condensadores fijos.....	94
1.14.2.2. Condensadores de regulación automática o batería de condensadores .....	94
1.14.3. Solución adoptada.....	95
1.15. PUESTA A TIERRA .....	96
1.15.1. Características de la puesta a tierra.....	97
1.15.2. Componentes de la puesta a tierra .....	98
1.15.3. Elementos a conectar a tierra .....	101
1.15.4. Solución adoptada.....	102
1.16. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	103
1.16.1. Reglamentación .....	103
1.16.2. Centro de transformación de red pública y de abonado.....	103
1.16.3. Situación y emplazamiento.....	104
1.16.4. Características generales del centro de transformación.....	104
1.16.5. Potencia necesaria para el centro de transformación .....	104
1.16.6. Obra civil .....	106
1.16.6.1. Local .....	106
1.16.6.2. Características del local .....	106
1.16.7. Instalación eléctrica .....	109
1.16.7.1. Características de la red de alimentación.....	109



1.16.7.2. Características de la aparamenta de alta tensión.....	110
1.16.7.3. Características material vario de alta tensión .....	114
1.16.7.4. Características de la aparamenta de baja tensión.....	114
1.16.7.5. Medida de la energía eléctrica .....	115
1.16.8. Puesta a tierra.....	115
1.16.9. Instalaciones secundarias .....	116
1.17. RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	119



## **1.1. OBJETO**

El presente Proyecto se redacta a petición de la E.T.S.I.I.T. de la Universidad Pública de Navarra como Proyecto Final de Carrera y pretende desarrollar el diseño y cálculo de la Instalación Eléctrica de Baja Tensión y su Centro de Transformación de una nave industrial.

## **1.2. SITUACIÓN**

La nave industrial en cuestión se encuentra situada en el término municipal de Orkoien (Navarra), en la calle C del polígono industrial de Arazuri-Orkoien (parcela 1539).

## **1.3. ANTECEDENTES**

Dicha nave será construida como solución a la necesidad de ampliación de una empresa dedicada a la venta, alquiler, reparación y fabricación de carretillas elevadoras. Además de realizar labores productivas, la empresa pretende concentrar en dicho edificio las labores administrativas.

## **1.4. DESCRIPCIÓN GENERAL**

El presente proyecto sobre la Instalación Eléctrica en Baja Tensión de una nave industrial abarca los siguientes puntos a desarrollar:

1. Distribución en planta de las maquinarias necesarias para el proceso de producción con el suficiente margen de maniobrabilidad.
2. Estudio de los circuitos eléctricos de alumbrado y fuerza.
3. Estudio del centro de transformación.



4. Realización del pliego de condiciones que recoge la normativa a aplicar en la realización del proyecto.

5. Realización de un presupuesto de los materiales y montaje de las instalaciones.

6. Realización de los planos necesarios.

El suministro eléctrico demandado a la empresa distribuidora IBERDROLA S.A. será de media tensión y se llevará a cabo a través de la derivación de una red de 13200 V con una frecuencia de 50 Hz que se sitúa cercana a la nave, abasteciendo el polígono industrial.

Se precisa la construcción de un centro de transformación capaz de soportar la carga existente de la nave industrial, teniendo en cuenta las prescripciones oficiales, que reduzca la tensión a 400 V entre fases.

Se estudiarán las necesidades eléctricas de la empresa en función de las cuales se proyectará la instalación eléctrica, reuniendo las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la autorización administrativa para su puesta en marcha, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicho proyecto.

La nave consta de una zona de oficinas distribuida en tres plantas y otra zona de producción. La distribución de la nueva nave será la siguiente:



<b>PLANTA BAJA</b>	
<i>Local</i>	<i>Superficie (m<sup>2</sup>)</i>
Escaleras	8,8
Ascensor	2,5
Hueco de instalaciones	1,0
Hall Planta Baja	33,2
Cuarto de limpieza	7,0
Almacén de repuestos	209,3
Oficina de taller	73,4
Oficina de visitas	32,8
Acceso de personal	5,5
Aseo caballeros	7,8
Aseo señoras	7,8
Almacén de carretillas	592,9
Taller	1800,0
<b>Total Planta Baja</b>	<b>2782,0</b>

<b>1ª PLANTA</b>	
<i>Local</i>	<i>Superficie (m<sup>2</sup>)</i>
Escaleras	8,8
Ascensor	2,5
Hueco de instalaciones	1,0
Vestuarios caballero	32,2
Vestuarios señora	32,2
Comedor	46,4
Descansillo	16,0
Aseo caballeros	4,2
Aseo señoras	3,2



Archivo	47,6
Sala de reuniones	21,8
Oficina 1	12,2
Oficina 2	12,2
Pasillo	8,2
Hall 1ª Planta	52,1
Despacho	21,3
Administración	86,5
<b>Total 1ª Planta</b>	<b>408,4</b>

<b>2ª PLANTA</b>	
<b>Local</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>
Escaleras	8,8
Ascensor	2,5
Hueco de instalaciones	1
Aseo caballeros	4,2
Aseo señoras	3,2
Hall 2ª Planta	171,0
Audiovisuales	94,9
<b>Total 2ª Planta</b>	<b>285,6</b>

<b>PRIMERA PLANTA</b>	
<b>Local</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>
Almacén 2	28,5
<b>Total Patios</b>	<b>28,5</b>

<b>SUPERFICIE ÚTIL TOTAL</b>	<b>3504,5 m<sup>2</sup></b>
----------------------------------	-----------------------------



## 1.5. **NORMATIVA**

La realización del proyecto y la ejecución de las instalaciones se efectuarán de acuerdo con la normativa vigente, la cual se detalla a continuación:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto)
- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre)
- Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (Real Decreto 223/2008 de 15 de Febrero)
- Normas Tecnológicas de la Edificación, Instalaciones: IEB: Baja tensión; IEI: Alumbrado interior; IEP: Puesta a tierra.
- Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales (Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre)
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Real Decreto 31/1995, de 8 de noviembre)
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (Real Decreto 486/1997, de 14 de abril)
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de “Iberdrola distribución eléctrica S.A.”
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.





Se tendrán en cuenta las instrucciones técnicas complementarias a la normativa mencionada así como todas las ampliaciones y modificaciones referidas a dicha normativa.

## **1.6. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN**

Para determinar las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como las especificaciones de la aparamenta encargada de tales funciones será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, Y de las masas de la instalación receptora, por otro.

La denominación se realiza con un código de dos letras con el significado siguiente:

*Primera letra:* se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra:

- **T** = conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.
- **I** = aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.

*Segunda letra:* se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra:

- **T** = masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.
- **N** = masas conectadas directamente al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, este punto es normalmente el punto neutro).



### **1.6.1. Tipos de esquemas de distribución**

#### **Esquema TN**

Los esquemas TN tienen un punto de la alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección.

Una puesta a tierra múltiple, en puntos repartidos con regularidad, puede ser necesaria para asegurarse de que el potencial del conductor de protección se mantiene, en caso de fallo lo mas próximo posible al de tierra. Por la misma razón, se recomienda conectar el conductor de protección de tierra en el punto de entrada de cada de edificio o establecimiento.

La impedancia del bucle de fallo es baja (no pasa por tierra). Si se produce un fallo de aislamiento, éste se transforma en cortocircuito y deberá ser eliminado por los dispositivos de protección contra sobreintensidades. En caso de fallo en cualquier lugar de la instalación, que afecte a un conductor de fase, al conductor de protección o a una masa, el corte automático de la alimentación deberá producirse en el tiempo prescrito de corte  $t$ , respetando la condición siguiente:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_o$$

Donde:

- $Z_s$  = Impedancia del bucle de fallo incluyendo la línea de alimentación, el conductor de protección y la fuente (bobina del transformador).
- $I_a$  = Corriente de funcionamiento del dispositivo de protección en el tiempo prescrito en la tabla I.
- $U_o$  = Tensión nominal entre fase y tierra, valor eficaz en corriente alterna.



<i>Tensión nominal <math>U_o</math></i> <i>[V]</i>	<i>Tiempo de corte</i> <i>[s]</i>
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

Se distinguen tres tipos de esquemas TN según la disposición relativa del conductor neutro y del conductor de protección:

- **Esquema TN-S:** el conductor neutro y el de protección son distintos en todo el esquema.
- **Esquema TN-C:** las funciones de neutro y de protección están combinadas en un solo conductor en todo el esquema.
- **Esquema TN-C-S:** las funciones de neutro y de protección están combinadas en un solo conductor en una parte del esquema.

### **Esquema TT**

En el esquema TT el neutro o compensador se conecta directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación. Ambas tierras deben estar lo suficientemente separadas para evitar los riesgos de transferencia de potenciales entre ellas. Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben estar interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. Si varios dispositivos de protección van montados en serie, esta prescripción se aplica por separado a las masas protegidas por cada dispositivo.

El punto neutro de cada generador o transformador, o si no existe, un conducto de fase de cada de generador o transformador, debe ponerse a tierra.

La corriente de fallo está fuertemente limitada por la impedancia de las tomas de tierra, pero puede generar una tensión de contacto peligrosa. La corriente de fallo es



generalmente demasiado débil como para requerir protecciones contra sobreintensidades, por lo que se eliminara preferentemente mediante un dispositivo de corriente diferencial residual.

En caso de fallo del aislamiento de un receptor, la corriente de fallo circula por el circuito llamado bucle de fallo, constituido por la impedancia del fallo en la masa del receptor, la conexión de dicha masa al conductor de protección, el propio conductor de protección y su puesta a tierra; el bucle se cierra con las bobinas del transformador y el circuito de alimentación.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A \cdot I_a = U$$

Donde:

- $R_A$  = Es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- $I_a$  = Es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el instrumento de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- $U$  = Es la tensión de contacto límite convencional (50V, 24V u otras, según los casos). En el esquema TT, se utilizan los dispositivos de protección siguientes:
  - Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.
  - Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos.

### **Esquema IT**

En el esquema IT, la alimentación de la instalación está aislada de tierra, o conectada a ella con una impedancia  $Z$  elevada. Esta conexión se lleva a cabo generalmente en el punto neutro o en un punto neutro artificial. En caso de fallo de



aislamiento, la impedancia del bucle de fallo es elevada (viene determinada por la capacidad de la instalación con respecto a tierra o por la impedancia  $Z$ ).

En el primer fallo, el incremento de potencial de las masas permanece limitado y sin peligro. La interrupción no es necesaria y la continuidad está asegurada, pero debe buscarse y eliminarse el fallo para lograr un servicio competente. Con ese objeto, un controlador permanente de aislamiento (CPA) vigila el estado de aislamiento de la instalación. Si al primer fallo no eliminado se añade un segundo, se transforma en cortocircuito, el cual deberá ser eliminado por los dispositivos de protección contra sobreintensidades pertinentes.

### **1.6.2. Solución adoptada**

El esquema de distribución elegido para distribuir las líneas que alimentan todas las máquinas de la nave industrial es el esquema TT. Las ventajas que este esquema tiene en lo que respecta a su mantenimiento, ampliaciones futuras y seguridad contra incendios aconsejan su empleo en este proyecto.



## 1.7. ILUMINACIÓN

La iluminación es uno de los requerimientos ambientales más importantes de los interiores, tanto que la visibilidad en un espacio es una condición esencial a la hora de realizar cualquier tipo de tareas de manera adecuada, segura y confortable.

El objetivo de una iluminación es producir un adecuado ambiente visual. Éste será adecuado si asegura el confort visual y si cumple con los requerimientos para las tareas visuales según la función del local. Una buena iluminación requiere igual atención en la cantidad como en la calidad de luz. Un espacio interior cumple con esos requerimientos si sus partes pueden verse bien sin ninguna dificultad y si una tarea visual dada puede ser realizada sin esfuerzo.

En un principio se detallan los principales conceptos luminotécnicos y un resumen de las bases teóricas que van a fundamentar los cálculos realizados.

### 1.7.1. Conceptos luminotécnicos

Para la realización del proyecto en lo que se refiere a iluminación se han de tener en cuenta los siguientes conceptos básicos sobre luminotecnia:

*Flujo radiante ( $\Phi$ ):* Potencia emitida, transportada o recibida en forma de radiación. La unidad del flujo radiante es el vatio [W].

*Flujo luminoso ( $\Phi_v$ ):* Magnitud que deriva del flujo radiante al evaluar su acción sobre el observador. El flujo luminoso es la energía luminosa emitida por unidad de tiempo. La unidad de flujo luminoso es el lumen [lm]. Aunque el tiempo no se indica en la unidad de flujo luminoso, queda implícito en ella dicho concepto.

*Energía radiante ( $Q_e$ ):* Energía emitida, transportada o recibida en forma de radiación. La unidad de la energía radiante es el julio [J].



*Intensidad luminosa:* Se define como la cantidad de flujo luminoso, propagándose en una dirección dada, que emerge, atraviesa o incide sobre una superficie por unidad de ángulo sólido. Su símbolo es la letra  $I$  y su unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades es la candela [Cd].

*Iluminancia ( $E$ ):* Se denomina iluminancia a la densidad del flujo luminoso recibido por unidad de superficie. Su unidad es el lux [lx] que equivale 1 lumen por metro cuadrado.

*Iluminancia media ( $E_m$ ):* Corresponde al promedio de valores de iluminancia medidos o calculados sobre un área determinada.

*Luminancia:* Es la relación entre la intensidad luminosa reflejada por cualquier superficie en una dirección determinada y el área proyectada, vista desde esa dirección. La unidad de luminancia es [ $\text{Cd}/\text{m}^2$ ].

*Luminancia media:* Es la luminancia promedio, expresada en [ $\text{Cd}/\text{m}^2$ ], medido en una zona comprendida entre 60 y 100 m frente a la posición del observador.

*Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa:* El rendimiento luminoso es el cociente entre el flujo luminoso que emite la fuente luminosa y el flujo que emitiría si toda su potencia se transformase en emisión luminosa de 555 nm. En la práctica se define el rendimiento luminoso como el cociente entre el flujo luminoso emitido por la fuente de luz y la potencia eléctrica de dicha fuente. La unidad del rendimiento luminoso se expresa en lúmenes por vatio [ $\text{lm}/\text{W}$ ]. Desde el punto de vista de aprovechamiento energético, una lámpara será tanto más eficiente cuanto mayor cantidad de lúmenes produzca por cada vatio eléctrico; en este aspecto debe tenerse siempre en cuenta que muchas lámparas requieren equipos auxiliares que han de valorarse a la hora de calcular el rendimiento luminoso, debiéndose considerar los [ $\text{lm}/\text{W}$ ] producidos incluyendo el consumo de los equipos auxiliares. Se muestran a continuación valores indicativos del rendimiento luminoso de algunos tipos de lámpara son:



Incandescente standar:	6-20 lm/W
Incandescente con halógenos:	18-22 lm/W
Con halogenuros metálicos:	65-85 lm/W
Fluorescente:	40-100 lm/W
De vapor de mercurio:	30-105 lm/W
De sodio de alta presión:	80-130 lm/W
De sodio de baja presión:	160-180 lm/W

*Temperatura de color (T):* La Temperatura de color de una fuente de luz se define comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un Cuerpo Negro calentado a una temperatura determinada. Por este motivo esta temperatura de color generalmente se expresa en kelvin, a pesar de no reflejar expresamente una medida de temperatura.

<i>Apariencia</i>	<i>Temperatura [K]</i>
Cálida	< 3300
Intermedia	3300 - 5000
Fría	> 5000
Luz del día	6500

Existe una relación entre la temperatura de color y el nivel de iluminación de una determinada instalación de forma que para tener una sensación visual confortable, a bajas iluminaciones le deben corresponder lámparas con una baja temperatura de color y, a altas iluminaciones, lámparas con una temperatura de color elevada.

*Reproducción cromática ( $R_a$ ):* es la capacidad de una fuente de reproducir los colores. Se mide con el concepto de índice de reproducción cromática o índice de rendimiento del color  $R_a$ . Se expresa con un número comprendido entre 0 y 100. Una fuente de luz con  $R_a=100$ , muestra todos los colores correctamente. Cuanto menor es el índice, peor es la reproducción cromática. La calidad de la reproducción cromática depende de la compensación espectral de la luz. Para estimar la calidad de reproducción cromática de una fuente de luz, se establece la siguiente escala de valores:





$R_a < 50$ :	Rendimiento bajo.
$50 < R_a < 80$ :	Rendimiento moderado.
$80 < R_a < 90$ :	Rendimiento bueno.
$90 < R_a < 100$ :	Rendimiento excelente.

*Índice de deslumbramiento:* El deslumbramiento se puede producir cuando existen fuentes de luz cuya luminancia es excesiva en relación con la luminancia general existente en el interior del local (deslumbramiento directo, producido por luz solar o artificial), o bien, cuando las fuentes de luz se reflejan sobre superficies pulidas (deslumbramiento por reflejos o deslumbramiento indirecto). El deslumbramiento directo de lámparas se elimina con la utilización de luminarias que redistribuyan el flujo de las mismas de forma idónea para la actividad a realizar. El deslumbramiento debido a la luz natural se puede controlar mediante la distribución idónea de las mesas y utilización de sistemas de apantallamiento con regulación en ventanas y claraboyas. El deslumbramiento reflejado, al estar influido por el color y el acabado de las superficies que aparecen en el campo de visión del observador, se controlará si las superficies del local y del mobiliario disponen de un acabado mate que evite los reflejos molestos.

### 1.7.2. Sistemas de iluminación

Los sistemas de iluminación básicos son tres: alumbrado general, alumbrado general localizado y alumbrado localizado. Su selección depende de las condiciones y necesidades de las tareas que se realizaran en el lugar.

*Alumbrado general:* Los sistemas de alumbrado general tienen el objetivo de garantizar un determinado nivel de iluminación homogéneo a todos los puestos situados en un mismo plano en el local. Estos sistemas están dirigidos a locales donde el nivel de iluminación recomendado es el mismo para todos o casi todos los puestos de trabajo. Las luminarias deben estar homogéneamente en el techo: empotradas en él, adosadas, o colgadas a determinada altura.



*Alumbrado general localizado:* Los sistemas de alumbrado general localizado no tienen el objetivo de garantizar un nivel de iluminación uniforme para todo el local, sino de iluminar, con el mismo o con diferentes niveles de iluminación, el local por zonas, en las cuales están situados los medios de producción de manera no uniforme. Es decir, las luminarias se sitúan en el techo, empotradas, adosadas, o colgadas a determinada altura, siempre localizadas sobre las zonas de interés.

*Alumbrado localizado:* Los sistemas de alumbrado localizado siempre están asociados a uno de los dos sistemas anteriores. Su objetivo es suministrar, mediante una luminaria situada en el propio puesto de trabajo, la cantidad de luz necesaria para que, agregada a la aportada por un sistema general o general localizado, complete el nivel de iluminación requerido por la tarea que se realiza en ese puesto. Su ventaja radia en lo económico que resulta situar una luminaria cercana al puesto, que evita la instalación de sistemas en el techo de manera general excesivamente potentes. Tal es el caso de la luminaria que instalan en las mesas de los dibujantes. Otras veces, la instalación de luminarias suplementarias en los puestos de trabajo tiene el objetivo de ofrecer otra calidad de iluminación y no solo de más cantidad. Este es el caso de la luminaria de lámpara incandescente que se sitúa en las maquinas herramientas para lograr una iluminación rutilante y poder observar los defectos de las piezas que se están fabricando. Un aspecto que hay que cuidar cuando se emplea este sistema es que la relación entre las luminancias de la tarea visual y el fondo no sea muy elevado pues en caso contrario se podría producir deslumbramiento molesto.

### **1.7.3. Lámparas**

Las lámparas empleadas tanto en iluminación de interiores como en la de exteriores abarcan casi todos los tipos existentes en el mercado (incandescentes, halógenas, fluorescentes, etc.). Las lámparas escogidas, por lo tanto, serán aquellas cuyas características (fotométricas, cromáticas, consumo energético, economía de instalación y mantenimiento, etc.) se adapte mejor a las necesidades y características de cada instalación (nivel de iluminación, dimensiones del local, ámbito de uso, potencia de la instalación...).



Los tipos de lámparas más utilizados según el ámbito de uso se detallan a continuación:

Ámbito de uso	Tipos de lámparas más utilizados
Domestico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incandescente.</li> <li>- Fluorescente.</li> <li>- Halógenas de baja potencia.</li> <li>- Fluorescentes compactas.</li> </ul>
Oficinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alumbrado general: fluorescentes.</li> <li>- Alumbrado localizado: incandescentes y halógenas de baja tensión.</li> </ul>
Comercial (Depende de las dimensiones y características del comercio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incandescentes.</li> <li>- Halógenas.</li> <li>- Fluorescentes.</li> <li>- Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halogenuros metálicos.</li> </ul>
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todos los tipos.</li> <li>- Luminarias situadas a baja altura (<math>\leq 6</math> m): fluorescentes.</li> <li>- Luminarias situadas a gran altura (<math>&gt; 6</math> m): lámparas de descarga a alta presión montadas en proyectores,</li> <li>- Alumbrado localizado: incandescentes.</li> </ul>
Deportivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Luminarias situadas a baja altura: fluorescentes.</li> <li>- Luminarias situadas a gran altura: lámparas de vapor de mercurio a alta presión, de vapor de sodio a alta presión y halogenuros metálicos.</li> </ul>

A continuación se describen las características más importantes de cada tipo de lámpara:



### **Lámparas incandescentes:**

El fundamento de la inca es conseguir luz por medio de la agitación térmica de los átomos del material con el que está hecho el filamento. El filamento se comporta como un radiador térmico con una emisividad espectral cercana a la unidad.

Las características principales de este tipo de lámpara son:

- El rendimiento luminoso es muy bajo ( $6 - 20 \text{ lm/W}$ ), porque gran parte de la energía se transforma en calor.
- El índice de rendimiento de color es 100.
- La temperatura de color es de  $2700 \text{ K}$ .
- Se fabrican en un margen de potencias de  $15$  a  $2000 \text{ W}$ , aunque el abanico de las más utilizadas se encuentra entre  $25$  y  $200 \text{ W}$ .
- La duración media es de  $1000$  horas.

Los componentes de este tipo de lámparas son:

*Filamento:* Se realizan generalmente de wolframio. Su duración está condicionada por el fenómeno de la evaporización. A medida que se calienta, emite partículas que van estrechándolo produciéndose finalmente la rotura. Con objeto de frenar la volatilización, se rellena la ampolla con un gas inerte a determinada presión, generalmente mezcla de argón (90%) y nitrógeno (10%). El empleo del gas tiene como inconveniente una mayor pérdida de calor en vacío, por lo que para reducir estas pérdidas se usan filamentos en espiral que presenta el máximo de superficie de irradiación con el mínimo de superficie.

*Ampolla:* Tiene por objeto aislar el filamento del medio ambiente y permitir la evacuación del calor emitido por aquel. En general, son de vidrio blando soplado.

*Casquillo:* Su misión es conectar la lámpara a la red de alimentación. Existen distintos tipos de casquillo como por ejemplo: casquillo rosca Edison, casquillo bayoneta...



### **Lámparas halógenas:**

Esencialmente son lámparas incandescentes, a las que se añade al gas de la ampolla una débil cantidad de un elemento químico de la familia de los halógenos (flúor, cloro, bromo, yodo) con objeto de crear una reacción química, un ciclo de regeneración del wolframio; así, se evita el problema que presentan las incandescentes convencionales, que pierden parte de su flujo luminoso con el paso del tiempo, como se ha comentado anteriormente.

Las ventajas principales de este tipo de lámparas frente a las incandescentes estándar son:

- Tienen una vida media útil que varía de entre 2000 y 4000 horas.
- Mejor eficacia luminosa.
- Factor de conservación más elevado en torno al 95% debido a la acción limpiadora que el yodo lleva a cabo en la pared de la ampolla.
- Dimensiones más reducidas.
- Temperatura de color superior y estable a lo largo de su vida útil. La temperatura de color varía entre los 2800 y 3200 K. Por tanto reproduce mejor los colores fríos del espectro.
- Son lámparas compactas, de alta luminancia, que se adaptan de forma óptima a diversos sistemas ópticos para controlar los haces de luz.

Los componentes de este tipo de lámparas son:

*Filamento:* Se emplea el wolframio. Su proceso de fabricación es más delicado ya que debe quedar perfectamente rígido en la pequeña ampolla y debe tener gran pureza porque cualquier resto contaminante reacciona con el halógeno y se deposita en la ampolla.

*Ampolla:* Puede ser de cuarzo o de vidrio duro capaz de soportar las altas temperaturas requeridas en el ciclo del halógeno.

*Gas de llenado:* Las reducidas dimensiones de estas lámparas permiten utilizar gases inertes que mejoran la eficacia de la lámpara como el kriptón y el xenón, aunque en algunos casos se sigue empleando el argón.



*Halógeno:* Estos elementos químicos se caracterizan por ser químicamente muy agresivos, es decir, se combinan con facilidad con otros elementos.

*Casquillo:* Se emplean los tipos cerámicos, Edison, de espigas y de bayoneta.

### **Lámparas fluorescentes:**

Constan de un tubo de vidrio lleno de gas inerte y una pequeña cantidad de mercurio, inicialmente en forma líquida, y en cada uno de sus extremos va alojado un electrodo sellado herméticamente. Su funcionamiento se basa en la descarga de vapor de mercurio a baja presión. No pueden funcionar mediante conexión directa a la red, necesitan un dispositivo llamado balasto, el cual limite el flujo de la corriente eléctrica a través de ella y que también proporcione el pico de tensión necesario para el encendido de la lámpara.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- Con un periodo de funcionamiento de 3 horas por encendido, la duración útil de las lámparas se estima entre 5000 y 7000 horas, según los tipos. Para un tiempo de 6 horas, esta aumenta en un 25% y su fuera de 12 horas llegaría a aumentar en un 50%.
- Los tonos de color varían en función de las sustancias fluorescentes empleadas. Actualmente varían entre los 2700 y 8000 K.

### **Lámparas fluorescentes compactas:**

Es un tipo de lámpara fluorescente que se puede usar con casquillos estándar con rosca Edison estándar y están concebidas para sustituir a las lámparas incandescentes.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- Consumen tan solo un 25% de la energía de una lámpara incandescente.
- Tienen una vida media útil de 5000 horas.
- Temperatura de color 2700 K, muy próxima a la de la lámpara incandescente.
- Muy buen rendimiento cromático y se fabrican una gran variedad de potencias.



### **Lámparas de vapor de mercurio:**

El funcionamiento de este tipo de lámparas es el siguiente: se conecta la lámpara a través del balasto, se aplica una diferencia de potencial entre los electrodos principal y auxiliar o de arranque, lo que hace que entre ellos y a través del argón contenido en el bulbo de descarga, salte un pequeño arco. El calor generado vaporiza el mercurio permitiendo el establecimiento del arco entre los dos electrodos principales a través de la atmosfera de vapor de mercurio.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- La luz de estas lámparas tiene muy mala reproducción cromática por lo que la ampolla se recubre de sustancias que aprovechan las radiaciones ultravioleta y, por el efecto fluorescente, emiten radiaciones rojas que completan su distribución espectral.
- El rendimiento es muy superior a las lámparas incandescentes varía entre 40 y 60 lm/W.
- Tienen una temperatura de color que varía entre los 3800 y los 4500 K.
- Rendimiento de color que varía entre 40 y 45.
- El encendido no es instantáneo, precisan de un cierto tiempo (4 minutos) para que la lámpara alcance su máxima emisión. Además durante el periodo de arranque absorben una corriente de 150% del valor nominal.
- El reencendido tampoco es instantáneo (5 minutos) debiéndose esperar a que se condense el mercurio para cebar de nuevo el arco.
- La vida media es del orden de las 25000 horas.

Los componentes de este tipo de lámparas son:

*Tubo de descarga:* Se emplea cuarzo debido a las altas temperaturas a que funciona para conseguir la presión del vapor. Esta provisto de dos electrodos principales y uno o dos auxiliares y, en su interior se encuentra una determinada cantidad de argón y unas gotas de mercurio.

*Ampolla:* La ampolla exterior sirve para proteger el tubo de descarga y permitir el equilibrio necesario para un correcto funcionamiento.



*Casquillo:* Generalmente es de rosca tipo Edison.

### **Lámparas de halogenuros metálicos:**

Su constitución es similar a las de vapor de mercurio de alta presión, conteniendo halogenuros (indio, talio, etc.) que mejoran la eficacia y el rendimiento de color. No producen apenas radiaciones ultravioletas por lo que se construyen normalmente transparentes y con ampollas cilíndricas. Las condiciones de funcionamiento son similares a las de vapor de mercurio. Este tipo de lámparas tiene una gran variedad de aplicaciones tanto en interior como en exterior.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- Debido a los halogenuros necesitan tensiones de encendido de 1,5 a 5 kV, producidas por el correspondiente cebador.
- Algunos tipos permiten el reencendido inmediato en caliente mediante el empleo de arrancadores, que producen picos de tensión de 35 a 60 kV.
- Tienen una temperatura de color de 6000 K.
- Elevado rendimiento luminoso entre 70 y 90 lm/W.
- Buena reproducción cromática.

### **Lámparas de vapor de sodio a baja presión:**

En estas lámparas la descarga eléctrica se produce a través del metal sodio a baja presión. Al conectar la lámpara se produce una descarga a través del neón cuyo calor generado produce la vaporización progresiva del sodio, pasándose a efectuar la descarga a través del mismo.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- La tensión de encendido varía según el tipo de 500 a 1500 V, por lo que su conexión a la red se debe realizar a través de un autotransformador.
- El tiempo de encendido es de 15 minutos, y el reencendido necesita de 3 a 7 minutos.





- Emiten una luz monocromática cercana al amarillo y al naranja.
- La vida media es de 6000 horas.
- Son las de mayor eficiencia luminosa, superior a los 180 lm/W.
- Se emplean cuando se precisa gran cantidad de luz sin importar demasiado si calidad.

### **Lámparas de vapor de sodio a alta presión:**

Desarrolladas con el objeto de mejorar el tono y la reproducción de la luz, ya que su distribución espectral permite distinguir todos los colores de la radiación visible.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- Tienen un rendimiento luminoso elevado que varía entre los 80 y 130 lm/W.
- La tensión de encendido varía entre 3 y 5 kV, por lo que es necesario un elemento extra llamado ignitor, que es una especie de cebador.
- El tiempo de encendido es corto y el tiempo de reencendido dura menos de un minuto.
- La temperatura de color es de 2200 K.
- El índice de reproducción cromática es 27.
- La vida media es de 9000 horas.
- Se emplean en alumbrado público, industrial en naves altas, campos de fútbol y polideportivos.

### **Lámparas de inducción:**

Consiste en incidir un campo electromagnético en una atmosfera gaseosa, por medio de una bobina a alta frecuencia, de manera que el campo producido sea capaz de excitar los átomos de mercurio de un plasma de gas. La radiación obtenida es ultravioleta por lo que hay que recubrir la ampolla de la lámpara con una sustancia fluorescente que la transforme en visible.

Las características principales de este tipo de lámparas son:



- El rendimiento luminoso es de 70 lm/W.
- La vida útil es de 60000 horas.
- Se emplean en lugares de difícil acceso para las sustituciones y aplicaciones de largos periodos de funcionamiento.

A continuación se muestran tres tablas como resumen de las ventajas, desventajas y características principales de cada una de las diferentes lámparas, para realizar una comparación de manera más sencilla y así escoger las más apropiadas para nuestro proyecto.

<b>CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS</b>			
<i>Tipo de lámpara</i>	<i>Potencia [W]</i>	<i>Flujo [lm]</i>	<i>Eficacia [lm/W]</i>
Incandescente	15-100	90-18800	6-18,8
Halógenas	60-2000	900-49000	15-24,5
Fluorescentes estándar	18-58	1350-5200	75-93
Fluorescentes compactas	18-55	1200-4800	66,7-87,3
Vapor de mercurio	50-1000	1800-58500	40-59
Halogenuros metálicos	250-400	17000-30600	71-77
Sodio baja presión	18-180	1800-32300	103-179
Sodio alta presión	70-1000	5600-125000	80-130
Inducción	55-85	3500-6000	64-71

<b>CARACTERÍSTICAS CROMÁTICAS Y DURACIÓN</b>						
<i>Tipo de lámpara</i>	<i>Apariencia de color</i>	<i>Temperatura de color [K]</i>	<i>R<sub>a</sub></i>	<i>Vida útil [h]</i>	<i>Perdida de flujo (%)</i>	<i>Supervivencia (%)</i>
Incandescente	Blanco cálido	2600-2800	100	1000	20	100
Halógena	Blanco	3000	100	2000	20	100
Fluorescente estándar	Diferentes blancos	2600-6500	50-95	10000	16	50
Fluorescente compacta	Blanco cálido	2700	80	6000-9000	15-17	72



Vapor de mercurio	Blanco	3800-4500	40-45	25000	21	86
Halogenuros metálicos	Blanco frío	6000	65-95	9000	23	72
Sodio baja presión	Amarillo	1800	No aplicable	6000	12	87
Sodio alta presión	Blanco amarillo	2200	27	9000	15	80
Inducción	Diferentes blancos	2700-4000	80	60000	30	80



<b>TIPO DE LAMPARA</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>	<b>USO RECOMENDADO</b>
Incandescente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena reproducción cromática</li> <li>- Encendido instantáneo</li> <li>- Variedad de potencias</li> <li>- Bajo coste de adquisición</li> <li>- Facilidad de instalación</li> <li>- Apariencia de color cálido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducida eficacia luminosa</li> <li>- Corta duración</li> <li>- Elevada emisión de calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alumbrado interior</li> <li>- Alumbrado de acentuación</li> <li>- Casos especiales de muy buena reproducción cromática.</li> </ul>
Halógenas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena reproducción cromática</li> <li>- Encendido instantáneo</li> <li>- Variedad de tipos</li> <li>- Coste de adquisición</li> <li>- Facilidad de instalación</li> <li>- Elevada intensidad luminosa</li> <li>- Apariencia de color cálida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducida eficacia luminosa</li> <li>- Corta duración</li> <li>- Elevada emisión de calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alumbrado interior</li> <li>- Reduce decoloración (filtro UV)</li> <li>- En bajo voltaje, con equipos electrónicos</li> <li>- Con reflector dicróico (luz fría) con reflector aluminio (menor carga térmica)</li> </ul>
Fluorescentes estándar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena eficacia luminosa</li> <li>- Larga duración</li> <li>- Bajo coste de adquisición</li> <li>- Variedad de apariencias de color</li> <li>- Distribución luminosa adecuada para utilización de interiores</li> <li>- Posibilidad de buena reproducción de colores</li> <li>- Mínima emisión de calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad de control de temperatura de color en las reposiciones</li> <li>- Sin equipos electrónicos puede dar problemas, retardo de estabilización, etc.</li> <li>- Dificultad de lograr contrastes e iluminación de acentuación</li> <li>- Forma y tamaño, para algunas aplicaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alumbrado interior</li> <li>- Con equipos electrónicos:</li> <li>- Bajo consumo</li> <li>- Aumenta la duración</li> <li>- Menor depreciación</li> <li>- Ausencia de interferencias</li> </ul>



<b>TIPO DE LAMPARA</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>	<b>USO RECOMENDADO</b>
Fluorescentes compactas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena eficacia luminosa</li> <li>- Larga duración</li> <li>- Facilidad de aplicación en iluminación compactas</li> <li>- Mínima emisión de calor</li> <li>- Variedad de tipos</li> <li>- Posibilidad de buena reproducción cromática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variaciones de flujo con la temperatura</li> <li>- Coste de adquisición medio-alto</li> <li>- Retardo en alcanzar máximo flujo (&gt; 2 minutos)</li> <li>- Acortamiento vida por mínimo de encendidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustitución de lámparas incandescentes</li> <li>- Consumo para flujos equivalentes es un 20 % y duran 10 veces más</li> </ul>
Vapor de mercurio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eficacia luminosa</li> <li>- Larga duración</li> <li>- Flujo luminoso unitario importante en potencias altas</li> <li>- Variedad de potencias posibilidad de utilizar a doble nivel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En ocasiones alta radiación UV</li> <li>- Flujo luminoso no instantáneo</li> <li>- Depreciación del flujo importante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alumbrado exterior e industrial</li> <li>- En aplicaciones especiales con filtros UV</li> <li>- Lámparas de color mejorado</li> </ul>
Halogenuros metálicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena eficacia luminosa</li> <li>- Duración media</li> <li>- Flujo luminoso unitario importante en potencias altas</li> <li>- Variedad de potencias</li> <li>- Casos de reducidas dimensiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta depreciación del flujo</li> <li>- Sensibilidad a variaciones de tensión</li> <li>- Requiere equipos especiales para arranque en caliente</li> <li>- Dificultad de control de apariencias de color en reposición</li> <li>- Flujo luminoso no instantáneo</li> <li>- Poca estabilidad de color</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En alumbrado deportivo o monumental</li> <li>- Con equipo especial para encendido en caliente</li> </ul>



<b>TIPO DE LAMPARA</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>	<b>USO RECOMENDADO</b>
Sodio baja presión	<ul style="list-style-type: none"><li>- Excelente eficacia luminosa</li><li>- Larga duración</li><li>- Reencendidos instantáneos en caliente</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Muy mala reproducción cromática</li><li>- Flujo luminoso no instantáneo</li><li>- Sensibilidad a subestaciones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- En alumbrado de seguridad</li><li>- En alumbrado de túneles</li></ul>
Sodio alta presión	<ul style="list-style-type: none"><li>- Muy buena eficacia luminosa</li><li>- Larga duración</li><li>- Aceptable rendimiento de color en tipos especiales</li><li>- Poca depreciación de flujo</li><li>- Posibilidad de reducción de flujo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mala reproducción cromática en versión estándar</li><li>- Estabilización no instantánea</li><li>- En potencias pequeñas gran sensibilidad a sobretensión</li><li>- Equipos especiales para reencendido en caliente</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- En alumbrado exterior</li><li>- En alumbrado interior industrial</li><li>- En alumbrado de túneles</li></ul>



#### 1.7.4. Aparatos de alumbrado

Las luminarias son los aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los elementos necesarios para fijarlas, protegerlas y conectarlas al circuito de alimentación, y en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación. De manera general consta de los siguientes componentes:

- *Armadura o carcasa*: Es el elemento físico mínimo que sirve de soporte y delimita el volumen de la luminaria conteniendo todos sus elementos.

- *Equipo eléctrico*: Sería adecuado a los distintos tipos de fuentes de luz artificial y en función de la siguiente clasificación:

- ✓ Incandescentes normales sin elementos auxiliares.
- ✓ Halógenas de alto voltaje a la tensión normal de la red, o de bajo voltaje con transformador o fuente electrónica.
- ✓ Fluorescentes con reactancias o balastos, condensadores e ignitores, o conjuntos electrónicos de encendido y control.
- ✓ De descarga con reactancias o balastos, condensadores e ignitores, o conjuntos electrónicos de encendido y control.

- *Reflectores*: Son determinadas superficies en el interior de la luminaria que modelan la forma y dirección del flujo de la lámpara. La mayoría de las luminarias convencionales van provistas de un reflector de una u otra forma con objeto de crear una distribución adecuada de la luz. Pero debemos de tener en cuenta, que un reflector solo controla parte de la luz emitida. En función de cómo se emita la radiación luminosa pueden ser:

- ✓ Simétrico o asimétrico.
- ✓ Concentrador o difusor.
- ✓ Frío (con reflector dicróico) o normal.



- ✓ **Dispersor:** Este tipo de reflector se utiliza en alumbrado de exhibición y en algunos tipos de proyectores, donde sea particularmente importante una distribución de luz bien definida pero uniforme.
- ✓ **Difusor:** Este tipo de reflector se utiliza en iluminación interior, en general para proporcionar niveles de luminancias bastantes uniformes.
- ✓ **Especular** (con escasa dispersión luminosa) o **no especular** (con dispersión de flujo). La reflexión especular es aquella situación en la que se cumplen las leyes de la reflexión. Estas leyes establecen que los rayos incidentes, reflejados y la normal a la superficie se encuentran en el mismo plano, y que el ángulo de reflexión es igual al de incidencia. Existen varios tipos de reflectores especulares:

- *Circular:* Se emplea en sistemas de proyección y luces puntuales de estudio, con el objetivo de aumentar la intensidad de la luz focalizada por el sistema de lentes.

- *Parabólico:* La propiedad fundamental del espejo reflector de sección transversal parabólica consiste, en que una fuente de luz puntual, situada en su foco, dará lugar a un haz paralelo de rayos reflejados. Los reflectores parabólicos se emplean mucho en alumbrado interior por proyección.

- *Elíptico:* Los reflectores elípticos tienen como propiedad de que si una fuente de luz se coloca sobre uno de sus focos, todos los rayos reflejados pasan por el segundo foco a foco conjugado. Estos reflectores se utilizan en alumbrado arquitectónico.

- *Hiperbólico:* El reflector de sección hiperbólica produce un haz divergente, pero por ser poco profundo resulta difícil de apantallar.

- *Difusores:* Elemento de cierre o recubrimiento de la luminaria en la dirección de la radiación luminosa. Los tipos más usuales son:





- ✓ Opal liso (blanca) o prismática (metacrilato traslucido).
- ✓ Lamas o reticular (con influencia directa sobre el ángulo de apantallamiento).
- ✓ Especular o no especular (con propiedades similares a los reflectores).

- *Filtros:* En posible combinación con los difusores sirven para potenciar o mitigar determinadas características de la radiación luminosa.

Las principales características que se suelen exigir a una luminaria son las siguientes:

#### Características ópticas:

- Tener una repartición luminosa adaptada a su utilización.
- La luminancia tiene que ser menor o igual que un valor determinado en una dirección de observación. Es decir, que deslumbre poco.
- Tener un rendimiento luminoso elevado.

#### Características eléctricas y mecánicas:

- Construcción eléctrica que permita su uso sin riesgo de descargas.
- Equipo eléctrico adecuado que permita su colocación y mantenimiento de forma sencilla.
- Calentamiento compatible con su constitución y su utilización.
- Resistencia mecánica suficiente.
- Que este fabricado en un material adaptado a su utilización y entorno.
- Facilidad de montaje y limpieza.
- Proteger eficazmente las lámparas y el equipo eléctrico contra el polvo, la humedad y otros agentes atmosféricos.

Otros conceptos luminotécnicos a tener en cuenta al calcular la iluminación son los siguientes:



- *Coefficiente de utilización ( $C_u$ )*: El coeficiente de utilización es la relación entre el flujo de la zona a iluminar y el flujo luminoso instalado por metro cuadrado. Este valor está íntimamente relacionado con el índice del local, es decir con las características geométricas del local. También dependerá en gran medida del color y la textura de las paredes, sobre todo en locales pequeños.

En un local amplio la luz que emite la luminaria es aprovechada en su totalidad ( $C_u$  alto), mientras que en el pequeño, al incidir la luz sobre las paredes se produce una absorción, mayor o menor según el color y la textura de las superficies y la luminaria pierde parte de su rendimiento por esa razón ( $C_u$  bajo). Esta situación se produce también cuando el local es exageradamente alto con respecto a la superficie.

- *Factor de mantenimiento ( $C_m$ )*: El factor de mantenimiento de la luminaria tiene en cuenta la disminución del flujo luminoso de la luminaria a consecuencia del ensuciamiento de esta última. Viene a ser la relación entre el rendimiento de una luminaria al momento de la limpieza y el valor inicial. Depende de la forma de construcción de la luminaria y de la posibilidad de ensuciamiento que conlleva, es decir, dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local.

La estimación de este coeficiente debe hacerse teniendo en cuenta diversos factores relativos a la instalación, tales como el tipo de luminaria, grado de polvo y suciedad existente en la nave a iluminar, tipo de lámparas utilizadas, número de limpiezas anuales y frecuencia en la reposición de las lámparas defectuosas.

Para una limpieza anual de las luminarias se puede tomar los siguientes valores:

<i>Ambiente</i>	<i>Factor de mantenimiento</i>
Limpio	0,8
Sucio	0,6



### **1.7.5. Clasificación de luminarias**

Las luminarias pueden clasificarse de muchas maneras aunque lo más común es utilizar criterios ópticos, mecánicos o eléctricos.

#### **Clasificación según las características ópticas de la lámpara**

Una primera manera de clasificar las luminarias es según el porcentaje del flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara. Es decir, dependiendo de la cantidad de luz que ilumine hacia el techo o al suelo. Según esta clasificación se distinguen seis clases.

- *Alumbrado directo*: Es el que presenta mejor rendimiento luminoso en el plano horizontal. La mayoría (90-100 %) del flujo está dirigido hacia la zona a iluminar. Se consigue colocando un material reflector por encima de la lámpara. Se recurre a él siempre que se necesitan altos niveles de iluminación. El principal problema es la proyección de sombras fuertes y duras sobre el plano del trabajo; la iluminación general de paredes y espacio en general es deficiente, y los techos quedan oscuros. Este tipo es totalmente necesario en locales de gran altura.

- *Alumbrado semidirecto*: Es aconsejable para locales de altura reducida y con techos claros para aprovechar la luz reflejada. Tiene peor rendimiento que el sistema anterior, aunque la componente indirecta reduce en parte los contrastes que produce la directa. Puede ser empleado en oficinas y colegios, ya que la mayor parte del flujo luminoso (60-90 %) incide sobre la superficie del trabajo, y las paredes y techos quedan moderadamente iluminados.

- *Alumbrado directo- indirecto y difuso*: Si el flujo se reparte al cincuenta por ciento entre procedencia directa e indirecta hablamos de iluminación difusa. El riesgo de deslumbramiento es bajo y no hay sombras, lo que le da un aspecto monótono a la sala y sin relieve a los objetos iluminados. Para evitar las pérdidas por absorción de la luz en techo y paredes es recomendable pintarlas con colores claros o mejor blancos.



- *Alumbrado semindirecto*: En este caso poca parte (10-40 %) del flujo va a la superficie a iluminar, el resto (60-90 %) va a la superficie contraria. Así se consigue una iluminación suave y agradable, con buena uniformidad, resta plasticidad al ambiente pero puede ser interesante en determinadas tareas (por ejemplo, en locales “limpios” como laboratorios, clínicas, etc.). Produce efectos tranquilizantes en el ánimo observador y se evitan deslumbramientos.

- *Alumbrado indirecto*: En la iluminación indirecta casi toda la luz va a la superficie contraria a iluminar (90-100 %). De esta manera se consigue una iluminación de calidad muy parecida a la luz natural, por lo que es recomendable para cualquier tarea, pero dado su bajo rendimiento, se utiliza en pocas ocasiones. Se puede utilizar cuando no son necesarios altos niveles de iluminación, y por los efectos que produce es adecuado para salas de espera, locales de recepción, etc. Los techos y paredes tienen una gran importancia, debiendo ser claros y limpios, tener un acabado mate para que no se reflejen las fuentes de luz, y será necesaria una frecuente renovación del techo para mantener las condiciones originales.

### **Clasificación según las características mecánicas de la lámpara**

Las luminarias se clasifican según el grado de protección contra el polvo, los líquidos y los golpes. En estas clasificaciones, según las normas nacionales (UNE 20324) e internacionales, las luminarias se designan por las letras IP seguidas de tres dígitos. El primer número va de 0 (sin protección) a 6 (máxima protección) e indica la protección contra la entrada de polvo y cuerpos sólidos en la luminaria. Además, simultáneamente garantiza la protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas. El segundo va de 0 a 8 e indica el grado de protección contra la penetración de líquidos y sus efectos perjudiciales. A medida que aumenta su valor la cantidad de agua que se necesita para acceder al interior de la envolvente es mayor. Por último, el tercero da el grado de resistencia a los choques.



### **Clasificación según las características eléctricas de la lámpara**

Las luminarias deben asegurar la protección de las personas contra los contactos eléctricos. Según el grado de protección eléctrica que ofrezcan las luminarias se dividen en cuatro clases (0, I, II, III).

- **Clase 0:** Luminarias en las que la protección contra los choques eléctricos recae exclusivamente sobre el aislamiento principal; descansando la protección, en caso de fallos de aislamiento principal, sobre el medio circulante. La luminaria tiene aislamiento normal sin toma de tierra.

- **Clase I:** Luminarias en las que la protección contra los choques eléctricos recae exclusivamente sobre el aislamiento principal y un conductor de protección conectado a tierra, que debe conectarse al borne marcado.

- **Clase II:** Luminarias en las que la protección contra los contactos eléctricos no recae exclusivamente sobre el aislamiento principal, sino que comprende medidas suplementarias, tales como el doble aislamiento o el aislamiento reforzado. Estas luminarias no incorporan toma de tierra.

- **Clase III:** Luminarias en las que la protección contra los contactos eléctricos, se realiza alimentando las luminarias a una muy baja tensión de seguridad entre 40 y 50 voltios (MBTS).

### **1.7.6. Niveles de iluminación recomendados**

Los niveles de iluminación recomendados para un local dependen de las actividades que se vayan a realizar en él. En general podemos distinguir entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales o exigentes.

En el primer caso tenemos las zonas de paso (pasillos, vestíbulos, etc.) o los locales poco utilizados (almacenes, cuartos de maquinaria...) con iluminancias entre 50 y 200 lux. En el segundo caso tenemos las zonas de trabajo y otros locales de uso frecuente con iluminancias entre 200 y 1000 lux. Por último están los lugares donde son necesarios niveles de iluminación muy elevados (más de 1000 lux) porque se realizan tareas visuales con un grado elevado de detalle que se puede conseguir con iluminación local.



Las iluminancias recomendadas según la actividad que va a ser desarrollada y el tipo de local se recogen en la siguiente tabla:

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
<b>Zonas generales de edificios</b>			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
<b>Centros docentes</b>			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
<b>Oficinas</b>			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
<b>Comercios</b>			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
<b>Industria (en general)</b>			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
<b>Viviendas</b>			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750



### 1.7.7. Cálculo del alumbrado interior

El método utilizado para realizar el cálculo del alumbrado interior es el método de los lúmenes. Para llevar a cabo este método se deben tener en cuenta varios factores:

- Precisar las dimensiones del local y la altura del plano de trabajo, la cual en el presente proyecto será de 0,85 m.
- Determinar el nivel de iluminancia media  $E_m$  para cada parte del local, dependiendo de la tarea a realizar en el mismo, los cuales se han precisado en el apartado anterior.
- Escoger el tipo de lámpara (incandescente, fluorescente...) más adecuada de acuerdo con el tipo de actividad a realizar.
- Escoger el sistema de alumbrado que mejor se adapte a nuestras necesidades y las luminarias correspondientes.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias según el sistema de iluminación escogido.

<i>Tipo de local</i>	<i>Altura de las luminarias</i>
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0,85)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0,85)$
Locales con iluminación indirecta	$d' = \frac{1}{4} \cdot (h' - 0,85)$ $h = \frac{3}{4} \cdot (h' - 0,85)$



Donde:

- $d'$  = Altura entre el techo y las luminarias.
- $h$  = Altura entre el plano de trabajo y las luminarias.
- $h'$  = Altura del local.
- Determinar el índice del local  $k$ , que depende de la geometría del mismo.

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h}$$

Donde:

- $a$  = Anchura del local.
- $b$  = Longitud del local.
- $h$  = Altura entre el plano de trabajo y las luminarias.
- Determinar el factor de reflexión tanto del techo, como de las paredes y del suelo.

Usaremos los factores que se muestran en la siguiente tabla:

	<i>Color</i>	<i>Factor de reflexión (<math>\rho</math>)</i>
<b><i>Techo</i></b>	Blanco o muy claro	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3
<b><i>Paredes</i></b>	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1
<b><i>Suelo</i></b>	Claro	0,3
	Oscuro	0,1





- Determinar el coeficiente de utilización ( $C_u$ ), a partir de los factores de reflexión y el índice del local cuyos valores se pueden obtener de los datos facilitados por los fabricantes de los distintos tipos de luminaria.

- Determinar los factores de mantenimiento ( $C_m$ ) de las luminarias, cuyos valores han sido mencionados en el apartado 1.7.4 del presente documento.

- Determinar el número de lúmenes totales necesarios. El número de lúmenes se calcula multiplicando el nivel de iluminación que hemos decidido para nuestro local por las dimensiones (largo y ancho) de éste y dividiendo por los coeficientes de utilización y mantenimiento.

$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

Donde:

- $E_m$  = Nivel de iluminación [lux]
- $S$  = Superficie del local [ $m^2$ ]
- $C_u$  = Coeficiente de utilización.
- $C_m$  = Coeficiente de mantenimiento.

- Determinar el número de luminarias necesarias para obtener el nivel de iluminación requerido. El número de luminarias necesarias es el resultado que sale de dividir el número de lúmenes totales que necesitamos para iluminar nuestra área de trabajo por el número de lúmenes que nos proporciona el tipo de luminarias que hemos escogido.

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lumenes}}{n \cdot \Phi}$$

Donde:



- $\Phi$  = Flujo luminoso de la lámpara (lúmenes).
- n = Numero de lámparas por luminaria.

#### **1.7.8. Solución adoptada**

Los resultados obtenidos del cálculo de alumbrado interior se pueden observar en el apartado 2.1.1 del documento “Cálculos”.

#### **1.7.9. Cálculo del alumbrado exterior**

Además del cálculo de número de lámparas necesarias para el alumbrado exterior, también se debe calcular el ángulo que ha de tener el proyector, a través de la siguiente formula.

$$H = \frac{D}{\tan \alpha}$$

Donde:

H = Altura a la que se coloca la luminaria (metros).

D = Distancia que se quiere iluminar (metros).

$\alpha$  = Angulo del proyector (metros).

Para calcular la iluminación exterior se han supuesto 4 zona diferentes, correspondientes a las cuatro fachadas

#### **1.7.10. Solución adoptada**

Los resultados obtenidos del cálculo de alumbrado interior se pueden observar en el apartado 2.1.2 del documento “Cálculos”.

#### **1.7.11. Alumbrado especial de emergencia y señalización**

Según la ITC-BT-28 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, las instalaciones destinadas a alumbrados especiales tienen por objeto asegurar, aún faltando el



alumbrado general, la iluminación en los locales y el acceso hasta las salidas, para una eventual evacuación de público o iluminar otros puntos que señalen (quirófanos, etc.).

Se distinguen dos tipos de alumbrado especial:

### **Alumbrado de señalización**

El alumbrado de señalización se instala para funcionar de un modo continuo durante determinados períodos de tiempo. Debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezca con personas. Deberá estar alimentado, al menos por dos suministros, sean ellos normales, complementarios o procedentes de fuentes propias de energía eléctrica admitida.

Deberá proporcionar una iluminación mínima de un lux en el eje de los pasos principales. Si el suministro habitual del alumbrado de señalización falla, o su tensión baja a menos del 70% de su valor nominal, la alimentación del mismo debe pasar automáticamente al segundo suministro.

Se situará en las salidas de los locales y dependencias indicados en cada caso y en las señalizaciones indicadoras de la dirección de los mismos. Además, cuando los locales, dependencias o indicaciones que deben iluminarse con este alumbrado coinciden con los que precisan el de emergencia, los puntos de luz de ambos pueden ser los mismos.

### **Alumbrado de emergencia**

El alumbrado de emergencia debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil de las personas hacia el exterior. Solamente puede ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuentes de suministro exterior. Si esta fuente propia está constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se puede utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.



Debe poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de un lux. Además, en los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminación de emergencia será como mínimo de 5 lux. Entrará en funcionamiento automáticamente al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de éstos baje a menos del 70% de su valor nominal.

Se situará en las salidas de los locales y de las dependencias indicadas en cada caso y en las señales indicadoras de la dirección de los mismos. Cuando existe un cuadro principal de distribución, tanto el local donde está ubicado como sus accesos estarán provistos de este tipo de alumbrado.

Constarán con una instalación de alumbrado de emergencia las zonas siguientes:

- Todos los recintos cuya ocupación sea mayor que 100 personas.
- Los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a uso residencial o uso hospitalario, y los de zonas destinadas a cualquier uso que estén previstos para la evacuación de más de 100 personas.
- Todas las escaleras y pasillos protegidos, los vestíbulos previos y las escaleras de incendios.
- Los aparcamientos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Los locales de riesgo especial y los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
- Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- Los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas.



Para calcular el nivel de iluminación, se considera nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos. Hay que considerar un factor de mantenimiento que englobe la reducción del rendimiento luminoso por suciedad y envejecimiento de las lámparas.

Como regla practica para distribución de las luminarias de emergencia, se determinaras que:

- La iluminancia mínima será de 5 lux.
- El flujo luminoso mínimo será de 30 lúmenes.
- La separación mínima será de  $h$ ; siendo  $h$  la altura de ubicación comprendida entre 2 y 2,5 metros.

#### Criterio de ubicación de las luminarias de emergencia

- En todas la puertas de las salidas de emergencia.
- Cerca de las escaleras para que todos los escalones queden iluminados.
- Cerca de los cambios de nivel del suelo.
- Para iluminar todas las salidas obligatorias y señales de seguridad.
- Cerca de todos los cambios de dirección.
- Cerca de todas las intersecciones en los pasillos.
- Cerca de los equipos de extinción de fuego así como de puntos de alarma.
- En el exterior de los edificios junto a las salidas.
- Cerca de los puestos de socorro.
- En ascensores y montacargas.
- En todos los aseos y servicios.
- Salas de generadores de motores y salas de control.

#### **1.7.12. Solución adoptada**

Los resultados obtenidos del cálculo de alumbrado interior se pueden observar en el apartado 2.1.3 del documento “Cálculos”.



### **1.7.13. Características de las lámparas y luminarias escogidas**

Las características de las luminarias y lámparas utilizadas en el presente proyecto, se pueden consultar en los catálogos de los distintos fabricantes.



## 1.8. TIPOS DE RECEPTORES

Los aparatos receptores para conseguir un buen funcionamiento deberán cumplir unos requisitos conformes a una correcta instalación, utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberían producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalaran de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc.), con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, pueda producirse durante el funcionamiento.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por medio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situaran de manera que se pueda verificar.

### 1.8.1. Motores

Según indica la ITC-BT-47 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, las secciones mínimas que deben tener los conductores de conexión de los motores, con objeto de que no se produzca en ellos un calentamiento excesivo serán las siguientes:

- *Un solo motor:* Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la intensidad a plena carga del motor en cuestión.
- *Varios conductores:* Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deberán estar dimensionados para una intensidad no menor a la suma del 125% de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga del resto de los motores.



- *Ascensores, grúas y aparatos de elevación:* El procedimiento es el mismo en función de si hay uno o varios ascensores, pero dimensionados para una intensidad no inferior al 130% en cada caso

### **1.8.2. Receptores para alumbrado**

Según indica la ITC-BT-44 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, las instalaciones que contengan lámparas de descarga, deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Los circuitos de alimentación de lámparas o tubos de descarga estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque.
- La carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas.
- En el caso distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.
- Será obligatorio la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

### **1.8.3. Tomas de corriente**

Se han colocado tomas de corriente trifásicas y monofásicas en todos los subcuadros. También se han colocado tomas de corriente monofásicas de 16 A en todas las estancias de la zona de oficinas, excepto las escaleras, de la forma más conveniente para su eventual utilización.

Cada cuadro de tomas de corriente de los que hay en la instalación consta de 1 toma monofásica de 16 A y otra toma trifásica de 16 A.

### **Tipos de tomas de corriente**

Las tomas de corriente que se van a colocar en este proyecto serán tanto monofásicas como trifásicas, definiéndolas de la siguiente manera:





- Tomas de corriente monofásicas de 16 A a 230 V. (2P + TT).
- Tomas de corriente monofásicas de 16 A a 230 V con Sistema de Alimentación Ininterrumpido (2P + TT)
- Tomas de corriente trifásicas de 16 A a 400 V. (4P + TT).

### **Situación de las tomas de corriente**

Las tomas de corriente irán fijadas a las paredes por sus medios convencionales a una altura de 30 cm del suelo en la zona de las oficinas excepto en la cocina, donde se sitúan a 110 cm para las tomas generales y 60 cm para las tomas de cocina y frigorífico. Las tomas de corriente de la nave irán a una altura de 1,6 metros en su cuadro correspondiente.

La disposición de las tomas de corriente se realizará según lo definido en el documento “Planos”

### **1.8.4. Interruptores y conmutadores**

Los interruptores y conmutadores, tanto normales como de cruzamiento, utilizados para el encendido y apagado de las luminarias en las zonas de oficinas, vestuarios y recambios se sitúan a una altura de 110 cm del suelo y su disposición se define en el documento “Planos”



## 1.9. PREVISIÓN DE CARGAS

### ALUMBRADO

<i>Luminaria</i>	<i>Uds.</i>	<i>Pot. Unitaria [W]</i>	<i>k<sub>s</sub></i>	<i>Pot. Total [W]</i>
<b>Taller</b>				
Philips Cabana HPK 150 HPI-P400W-BU	46	400	0,85	15640
Philips Cabana HPK 150 HPI-P400W-BU (encendido rápido)	6	400	0,85	2040
<b>Almacén de carretillas</b>				
Philips Cabana HPK 150 HPI-P400W-BU	15	400	0,85	5100
<b>Almacén 2</b>				
Philips TPS 350 4xTL5-54W HFP	3	4x54	0,85	550,8
<b>Oficinas, vestuarios y almacén de repuestos</b>				
Philips TPS 350 4xTL5-54W HFP	107	4x54	0,85	19645,2
Philips TCW 060 2xTL-D58W HF	21	2x58	0,85	489,6
Philips Downlight FBS 120 2xPL-C/2P26W	32	2x26	0,85	1414,4
Philips Downlight FBS 120 2xPL-C/2P18W (estanca)	16	2x18	0,85	2070,6
<b>Exterior</b>				
Philips SNF 100 1xSON-T150W	9	150	0,85	1147,5
Philips MPF 111 1xHPI-T400W	4	400	0,85	1360
Letreros luminosos	3	2500	0,85	6375



<i>Emergencias</i>				
Legrand Serie C3 70 lm	24	6	0,85	122,4
Legrand Serie C3 200 lm	34	6	0,85	173,4
Legrand Serie NFL 770 lm	14	13	0,85	154,7

<b>POTENCIA TOTAL ALUMBRADO</b>	<b>56283,6 W</b>
---------------------------------	------------------

## **FUERZA**

### **Maquinaria**

<i>Máquina</i>	<i>Uds.</i>	<i>Pot. Unitaria [W]</i>	<i>k<sub>s</sub></i>	<i>Pot. Total [W]</i>
Torno	1	5000	1	5000
Prensa	1	4800	1	4800
Taladro	1	1600	1	1600
Sierra	1	1500	1	1500
Compresor	1	22000	1	22000
Secador compresor	1	1500	1	1500
Puente Grúa 10 Tn	1	4500	1	4500
Puente Grúa 5 Tn	1	3200	1	3200
Extractor cabinas	1	2600	1	2600
Máquina de lavado a presión	1	5500	1	5500
Soldadura móvil	1	6600	1	6600
Cuadro de pintura y lavado	1	5500	1	5500
Quemador de gas aerotermo	4	2000	1	8000
Equipos portátiles aire acondicionado	10	2000	1	20000
Extractor de humos	1	900	1	900
Puerta rápida	1	500	0,7	350
Puerta seccionable	3	1000	0,7	2100
Puerta exterior	1	1000	0,7	700



Barrera	1	500	0,6	300
Portero	2	20	0,6	24
Alarma	1	100	0,6	60
Persiana exterior	1	700	0,6	420
Ascensor	1	4000	1	4000
				<b>101154</b>

### Tomas de corriente

<i>Líneas</i>	<i>Uds</i>	<i>Pot. Unitaria [W]</i>	<i>k<sub>s</sub></i>	<i>Pot. Total [W]</i>
Líneas para cuadros de T.C.	6	-	1	52500
Líneas de T.C. para oficinas	11	-	0,4	4240
Líneas de T.C. informáticas	4	-	0,9	5400
Línea para cocina	1	3000	0,7	2100
Línea para frigorífico	1	2200	0,7	1540
				<b>65780</b>

<b>POTENCIA TOTAL FUERZA</b>	<b>166934 W</b>
------------------------------	-----------------

<b>POTENCIA TOTAL</b>	<b>223218 W</b>
-----------------------	-----------------



## 1.10. INSTALACIÓN DE ENLACE

La instalación de enlace es el conjunto de conductores y demás elementos que establecen la conexión entre la red de distribución pública y las instalaciones interiores.

La línea de enlace estará incluida dentro del anillo de alimentación que proporciona IBERDROLA S.A para el polígono industrial Arazuri-Orkoien y partirá del centro de transformación nº 1, propiedad de la compañía suministradora.

Según el condicionado técnico facilitado por IBERDROLA, S.A., la modificación del centro de transformación se realizará por su servicio técnico.

Del centro de transformación nº 1 de IBERDROLA, S.A. saldrá una línea subterránea hasta el centro de transformación de la propiedad. La distancia entre estos dos puntos es de 1250 metros.

Los datos del conductor utilizado serán los siguientes:

- Designación UNE:	DHZ1 12/20 kV
- Naturaleza del conductor:	Aluminio
- Sección:	150 mm <sup>2</sup>
- Aislamiento:	EPR
- Cubierta:	PVC
- Tensión nominal:	13,2 kV
- Tensión prueba:	30 kV
- Nivel de aislamiento a impulsos:	125 kV
- Resistencia eléctrica máxima:	0,277 $\Omega$ /Km
- Resistencia por fase:	0,112 $\Omega$ /Km
- Capacidad:	0,368 $\Omega$ /Km

La intensidad máxima admisible en régimen permanente de la terna de cables enterrados a 1 metro de profundidad a la temperatura de 25°C es de 255 A.



Para el tendido de los conductores se realizará una zanja de 0,70 m de anchura y 1,20 m de profundidad. En el fondo de la cual se colocarán dos tubos de PVC rígido de 110 mm de diámetro exterior y 0,6 mm de espesor, según determina ITC-BT-21 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en la Tabla 21.9. En el interior de uno de ellos se alojarán los conductores, quedando el otro de reserva.

Los tubos estarán perfectamente asentados sobre un lecho de hormigón y cubiertos por el mismo material con una capa de 8 cm de espesor. Encima de dicha capa se colocará una cinta de señalización de polietileno y se rellenará la zanja con zahorra debidamente compactada.

El cable a utilizar para cada una de las fases será de una sola pieza, y contará en sus extremos con botellas terminales, aptas para el servicio correspondiente al punto de instalación.

Al objeto de facilitar el tendido y posterior mantenimiento de los conductores, se colocarán arquetas de registro, provistas de marcos y tapa de hierro fundido.

Al realizar el tendido de los conductores, se dejará un pequeño bucle tanteo en la arqueta junto al apoyo metálico, como en la de llegada al centro de transformación. Esto evitará tener que empalmar el cable en caso de fallo de una botella terminal.

Para la elección de los cables tal y como define esta misma instrucción se deberá tener en cuenta que los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida y cumplirán con las normas UNE 21.123 y UNE 2111002.

Para el cálculo de la sección de los cables se tendrá en cuenta la potencia prevista por el usuario, cumpliendo el criterio de intensidades admisibles, y teniendo en cuenta lo que se indica en lo dispuesto en ITC-BT-07 para cables aislados en el interior de tubos enterrados.



## **1.11. CONDUCTORES Y CANALIZACIONES**

La conducción eléctrica se va a realizar desde el centro de transformación a los distintos receptores de la instalación. Para ello se emplearán las tensiones nominales normalizadas tal y como el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión que serán de 230 V entre fase y neutro y 400 V entre fases para las redes trifásicas de cuatro conductores.

Los conductores de corriente eléctrica se deberán calcular de modo que tengan la resistencia mecánica suficiente para las conducciones de la línea y además no sufran calentamientos excesivos, así como una caída de tensión en el propio conductor dentro de los límites establecidos en el Reglamento.

### **1.11.1. Tipos de conductores**

Se llaman conductores eléctricos a los materiales que puestos en contacto con un cuerpo cargado de electricidad transmite ésta a todos los puntos de su superficie. Los mejores conductores eléctricos son los metales y sus aleaciones. Existen otros materiales, no metálicos, que también poseen la propiedad de conducir la electricidad. Para el transporte de la energía eléctrica, así como para cualquier instalación de uso doméstico o industrial, el metal empleado universalmente es el cobre en forma de cables de uno o varios hilos. Alternativamente se emplea el aluminio, metal que si bien tiene una conductividad eléctrica del orden del 60 % de la del cobre es, sin embargo, un material mucho más ligero y económico, lo que favorece su empleo en líneas de transmisión de energía eléctrica en las redes de alta tensión. Para aplicaciones especiales se utiliza como conductor el oro.

#### **Partes que componen un conductor eléctrico**

En los conductores se pueden diferenciar claramente tres partes:

*Alma o elemento conductor:* Se fabrica en cobre o aluminio y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centro de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo



(industriales, viviendas, centros comerciales, etc.). Dependiendo de la forma cómo esté constituida el alma se pueden clasificar los conductores eléctricos de la siguiente manera:

- *Alambre*: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor. Se emplea en líneas aéreas, como conductor desnudo o aislado, en instalaciones eléctricas a la intemperie, en conductos o directamente sobre aisladores.
- *Cable*: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de reducida sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.

También se pueden clasificar según el número de conductores:

- *Monoconductor*: Conductor eléctrico con una sola alma conductora, con aislamiento y con o sin cubierta protectora.
- *Multiconductor*: Conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envueltas cada una por su respectiva capa de aislación y con una o más cubiertas protectoras comunes.

*Aislamiento*: El objetivo del aislamiento en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas, con objetos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, el aislamiento debe evitar que conductores de distinta tensión puedan hacer contacto entre sí.

Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa.

Los diferentes tipos de aislamiento de los conductores están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, llamas, etc. Entre





los materiales usados para el aislamiento de conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el polietileno reticulado o XLPE, la goma y el caucho.

*Cubiertas protectoras:* El objetivo fundamental de esta parte en un conductor es proteger la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc. Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina armadura. Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre. En el caso que la protección, en vez de cinta esté constituida por alambres de cobre, se le denomina pantalla.

### **Conductores activos**

Son los destinados a la transmisión de la energía eléctrica. Esta consideración se aplica a los conductores de fase y al conductor neutro en corriente alterna. Los conductores serán de cobre o de aluminio, y serán siempre aislados, exceptuando cuando vayan montados sobre aisladores, tal y como establece el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en su ITC-BT-19.

### **Conductor neutro**

Según la ITC-BT-19 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en las instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Para hallar la sección de los neutros en los tramos subterráneos se utiliza la tabla 7.1 de la ITC-BT-07 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. A cada sección de fase y tipo de conductor (aluminio o cobre) le corresponde una sección de neutro.

### **Conductores de Protección**

Estos conductores sirven para conectar las masas de la instalación con la puesta a tierra. La sección de los conductores de protección en función de la sección de los



conductores de fase viene dada por la siguiente tabla, recogida en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión:

<i>Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación [mm<sup>2</sup>]</i>	<i>Secciones mínimas de los conductores de protección [mm<sup>2</sup>]</i>
$S \leq 16$	$S^{(*)}$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$
<sup>(*)</sup> Con un mínimos de: - 2,5 mm <sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica. - 4 mm <sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.	

Los conductores de protección irán bajo los mismos tubos que los conductores de fase y neutro, y las conexiones se realizarán por medio de empalmes y por piezas de conexión de aprieto por rosca.

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia de, por lo menos, 3 cm.



### **1.11.2. Sección del conductor**

En primer lugar se ha de calcular cual va a ser la sección adecuada que ha de tener el conductor a lo largo de la instalación. Esta sección a de cumplir lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Los factores que influyen y que por lo tanto se han de tener en cuenta a la hora de calcular la sección de los conductores son los siguientes:

- *Calentamiento de los conductores.*
- *Caída de tensión.*

#### **Calentamiento de los conductores**

La temperatura hace que la resistencia de un conductor varíe de forma que cuanto más caliente está, mas se opone al paso de la electricidad. Los conductores se calientan por efecto de la propia corriente que circula por ellos. Por tanto, cuanto más elevada sea la corriente que circula por el conductor, mayor será la resistencia que ofrece y mayor será también la pérdida de energía en forma de calor.

Cuando, al mismo tiempo, la suma de las perdidas térmicas producidas es igual a las perdidas disipadas en el medio ambiental, se establece un estado de equilibrio y la temperatura del núcleo toma un valor constante. Este no debe sobrepasar un valor fijado por la resistencia del aislante escogido y, eventualmente, por la resistencia de los otros materiales constitutivos para asegurar al cable un tiempo útil de vida normal. Según la ley de Joule, la cantidad de calorías recibidas en un segundo son:

$$Q = 0,24 \times I^2 \times R$$

Donde:

- $Q$  = Calor disipado por el conductor [Cal]
- $I$  = Intensidad que circula por el conductor [A]
- $R$  = Resistencia del conductor [ $\Omega$ ]



Lo que sucede es que el calentamiento aumenta en relación con el cuadrado de la variación de corriente. Por consiguiente, si se aumenta la corriente al doble, el calentamiento será 4 veces mayor. Cuando circula mayor corriente por un conductor, no solamente calentará el conductor, habrá también un aumento en su resistencia, como consecuencia, habrá un aumento adicional de temperatura. Se demuestra que el aumento de temperatura es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad (considerando despreciables las variaciones de la resistencia con la temperatura):

$$\Delta T = (I/I_n)^2 \times \Delta T_n$$

Siendo:

- $\Delta T$  = Incremento admisible de la temperatura.
- $\Delta T_n$  = Incremento de la temperatura en condiciones normales.
- $I_n$  = Intensidad nominal en condiciones normales.
- $I$  = Intensidad admisible.

El calor que adquiere un conductor, lo va cediendo a través del medio que le rodea (aislamiento, tubo, pared, aire, etc.), produciéndose un equilibrio entre el calor que recibe por el paso de la corriente y el que desprende hacia el exterior.

El calor que es cedido al exterior es:

$$Q = M \times C \times \Delta T$$

Esta evacuación del calor se puede producir de dos formas:

- Por convección y radiación si el conductor está colocado al aire.
- Por conducción si el conductor está en contacto con otros elementos.



Si la intensidad que atraviesa el conductor aumenta, produciéndose por consiguiente un aumento de la temperatura, llegará a un punto en el que el calor producido no pueda evacuarse, por lo que la temperatura seguirá aumentando. Si esta temperatura es elevada existirá el peligro de que los materiales aislantes se deterioren, incluso se lleguen a quemar, ocasionando cortocircuitos e incluso incendios.

Por lo tanto, para cada sección de los conductores existe un límite de carga en amperios que no debe sobrepasarse, que se corresponde con la temperatura máxima admisible que puede soportar esa sección del conductor sin que se produzcan los efectos mencionados anteriormente.

Se denomina intensidad máxima admisible en régimen permanente de un conductor, al valor de la intensidad que provoca, para un entorno determinado, el recalentamiento del núcleo de los conductores al valor máximo permitido.

Estas intensidades máximas permitidas vienen recogidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en su ITC-BT-19. En ella se muestran las intensidades máximas admisibles de los conductores, en función de la sección, tipo de instalación, número de conductores y naturaleza de aislamiento.

### **Caída de tensión**

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de la potencia transportada por el cable, y una caída de tensión entre las tensiones en el origen y el extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud por ejemplo en derivaciones individuales que alimenten a los últimos pisos en un edificio de cierta altura.

La sección de los conductores será tal que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 3% de la tensión nominal en el origen de la instalación para alumbrado y del 5% para los demás usos. Esta caída de



tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

Para el caso de instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior tiene el origen en la salida del transformador y que las caídas de tensión admisibles son del 4,5% para alumbrado y del 6,5% para el resto de usos.

### **1.11.3. Canalizaciones**

Las canalizaciones eléctricas son los elementos utilizados para conducir los conductores eléctricos entre las diferentes partes de la instalación eléctrica. Las instalaciones eléctricas persiguen proveer de resguardo y seguridad a los conductores a la vez de propiciar un camino adecuado por donde colocar los conductores.

En general, las canalizaciones se pueden agrupar en cuatro grandes apartados:

- *Canalizaciones fijas:* Son aquellas en las que es preciso desconectar la instalación para su modificación, lo que requiere trabajos de desmontaje. Estas canalizaciones alimentan aparatos fijos. Un ejemplo sería la instalación de un edificio.
- *Canalizaciones semifijas:* El desplazamiento de los equipos se efectuara después de dejarlos sin tensión, aunque permanezcan acoplados a la red. Es el caso de algunos equipos de extracción de minería o de obras públicas.
- *Canalizaciones semimóviles:* Permiten el desplazamiento ocasional de los equipos bajo tensión durante su funcionamiento. Alimentan aparatos semimóviles, tales como lámparas de pie o máquinas de oficina.
- *Canalizaciones móviles:* Permiten el desplazamiento de los equipos en tensión durante su funcionamiento. Alimentan aparatos móviles. Por ejemplo, grúas, ascensores, montacargas, equipos de máquinas de extracción de minería, cabezales de trabajo de equipos industriales, herramientas portátiles, etc.



Evidentemente, la naturaleza de la canalización determina el tipo de cable adecuado al servicio de que se trate.

En el presente proyecto se ha de utilizar canalización fija. Algunas de estas variantes son: conductores desnudos colocados sobre aisladores, conductores aislados colocados sobre aisladores, conductores aislados bajo molduras, conductores aislados fijados directamente sobre las paredes, etc.

Cuando las canalizaciones pasen a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, se realizara de acuerdo con prescripciones tales como: las canalizaciones estarán protegidas contra deterioros mecánicos, en toda la longitud de los pasos no habrá empalmes o derivaciones, se utilizaran tubos no obturados, etc.

La solución más empleada hoy en día es la de conductores aislados sobre bandejas o a través de tubos.

### **Tubos protectores**

En el mercado actual existen muchas clases de tubos. Dependiendo de las actividades que se desarrollen en cada zona y del lugar por donde vayan a ser colocados se podrán elegir algunas de estas opciones: tubos metálicos rígidos blindados, tubos metálicos rígidos blindados con aislamiento interior, tubos aislantes rígidos normales curvables, tubos aislantes flexible normal, tubo PVC rígido, etc.

A la hora de calcular el diámetro mínimo de los tubos protectores que contienen a las diversas líneas de la instalación se debe tener en cuenta el número, tipo y sección de los conductores, así como el tipo de instalación. Para ello, el reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en su ITC-BT-21, establece una serie de tablas con los diámetros mínimos de los tubos protectores en función de los factores antes citados.

Los tubos deberán soportar como mínimo sin deformación alguna, 60°C para los tubos aislantes constituidos por PVC o polietileno y 70°C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.



### **Canalización bajo tubos protectores**

Para la colocación de las canalizaciones bajo tubos protectores tendremos que tener en cuenta las consideraciones siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originaran reducciones de sección admisibles.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados estos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes.
- Las conexiones entre conductores se realizaran en el interior de cajas apropiadas de material aislante.

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijaran a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas. La distancia entre estas será, como máximo, de 0,5 metros.
- Es conveniente disponer de tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,5 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio deberán interrumpirse los tubos quedando los extremos de los mismos separados entre sí 5 cm.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o “T” apropiados.





La elección definitiva de los tubos con sus diámetros correspondientes esta especificada en el apartado 2.3.3 documento “Cálculos” del presente proyecto.

#### **1.11.4. Normas para la elección de cables y tubos**

Además de lo expuesto anteriormente para el cálculo del conductor, se harán las siguientes consideraciones a la hora de elegir el cable:

- El aislamiento del cable ha de ser tal que asegure en su parte conductora una continuidad eléctrica duradera. Normalmente el aislamiento del cable se determina con los picos de tensión que este tiene que soportar en cualquier momento.
- La sección del cable a colocar en el alumbrado normalmente la determina la caída de tensión (si la longitud no es pequeña). La sección de los conductores de fuerza la determina normalmente la corriente a transportar y el calentamiento que esta puede producir, de tal forma que nunca se superen temperaturas determinadas por encima de las cuales el cable se deteriora.
- El cable elegido, teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, será capaz de soportar los cortocircuitos que puedan producirse, mejor que cualquier otra parte de la instalación. Se preverá que la temperatura y los esfuerzos electrodinámicos producidos por el cortocircuito no deterioren en ningún momento el cable.

Además de tener cuenta todo lo expuesto anteriormente, se harán las siguientes consideraciones para la elección del tubo protector de los conductores:

- Los diámetros de los tubos se eligen de acuerdo a las tablas que aparecen en la ITC-BT-21 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. En estas tablas viene expresado el diámetro interior mínimo en función del número, clase y sección de los conductores que ha de alojar, según el sistema de instalación y la clase de los tubos.



- Para más de cinco conductores por tubo o para conductores de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, la sección inferior de este ha de ser, como mínimo, igual a tres veces la sección total ocupada por los conductores.
- El trazado de las canalizaciones se hará preferentemente siguiendo líneas paralelas a las verticales y horizontales. Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan los conductores.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados estos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes y que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 25 metros. Las conexiones entre los conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante.

#### **1.11.5. Código de colores**

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente inidentificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizara por los colores que presenten sus aislamientos. Al conductor de protección se le identificara por el color verde-amarillo. El conductor neutro se identificara por el color azul. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificaran por los colores marrón o negro. Cuando se considere necesario identificar tres fases, se utilizara también el color gris.

#### **1.11.6. Soluciones adoptadas**

##### **Conductores**

Según las características de los elementos a alimentar, su ubicación, etc. se han de utilizar distintos tipos de conductores. El material del conductor será en todos casos de cobre y su aislamiento de polietileno reticulado.

Los datos de los conductores utilizados tanto para la acometida, como para las instalaciones interiores son los siguientes:



- Marca:	PRYSMIAN
- Modelo:	Afumex 1000 V
- Material:	Cu
- Aislamiento:	Polietileno reticulado (XLPE)
- Tensión de aislamiento:	0,6-1 kV
- Referencia:	RZ1-K 0,6-1 kV Cu

Los conductores tendrán una sección suficiente para que las caídas de tensión, conforme al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y contada desde el origen de la instalación no excedan del 4,5% para el alumbrado y del 6,5% para los demás usos, siendo las intensidades admisibles por los conductores siempre superiores a las máximas previsibles para cada circuito de la instalación.

Las secciones adoptadas se justifican en el apartado 2.3.3 del documento “Cálculos” del presente proyecto.

Todas las características relativas a los conductores elegidos se pueden obtener a través de los catálogos o páginas Web de los fabricantes correspondientes.

### **Canalizaciones**

La canalización de las líneas generales de la nave se realizara a través de bandeja portacables de malla de acero galvanizado de dimensiones 200x35mm. Las líneas partirán desde el cuadro general de distribución en el interior de tubos metálicos hasta llegar a la altura de la bandeja y a partir de ahí las líneas se llevarán a los diferentes cuadros auxiliares de nuestra nave a través de la bandeja. Cuando las líneas lleguen a donde están situados los cuadros auxiliares, se bajaran mediante tubos metálicos. Esta bandeja rodeará a toda el área de taller por el interior de la nave a una altura de 5,5 metros.

La canalización de las líneas que alimentan la maquinaria, se realizara partiendo desde el cuadro secundario correspondiente, subiendo los conductores en el interior de tubos metálicos grapados contra la pared hasta la altura de la bandeja, y se llevaran



colgados en el interior de los tubos, hasta llegar a la altura de cada máquina, que será cuando se vuelva a bajar los conductores.

La canalización de las líneas que alimentan los aparatos de alumbrado de la nave se realizarán, de igual manera partiendo del cuadro correspondiente, subiendo los conductores a través de tubos metálicos grapados a la pared hasta la bandeja. Se llevarán a través de la bandeja que rodea la nave y de aquí se volverán a distribuir bajo tubo colgados del techo.

La canalización de las dos plantas de la zona de las oficinas, se realizará a través de tubos de PVC que irán a través de falso techo.

El lugar exacto por donde se han de colocar todas las líneas que van sobre la bandeja, así como en el interior de tubos protectores, vienen representados en el documento “Planos” del presente proyecto.

### **Conducciones de las líneas**

Las líneas que parten de cada uno de los cuadros secundarios para alimentar los diferentes receptores son las siguientes:

#### **C.S.1: Cuadro secundario Planta Baja Oficinas**

- Circuito ILM 1.1: Iluminación Hall y escalera 1
- Circuito ILM 1.2: Iluminación Hall y escalera 2
- Circuito ILM 1.3: Iluminación Hall y escalera 3
- Circuito ILM 1.4: Iluminación cuarto de limpieza
- Circuito EMG 1.1: Emergencias Hall, escaleras y cuarto de limpieza
- Circuito ILM 1.5: Iluminación repuestos 1
- Circuito ILM 1.6: Iluminación repuestos 2
- Circuito ILM 1.7: Iluminación repuestos 3
- Circuito EMG 1.2: Emergencias repuestos
- Circuito ILM 1.8: Iluminación oficina taller 1



- Circuito ILM 1.9: Iluminación oficina taller 2
- Circuito ILM 1.10: Iluminación oficina taller 3
- Circuito ILM 1.11: Iluminación oficina visitas 1
- Circuito ILM 1.12: Iluminación oficina visitas 2
- Circuito ILM 1.13: Iluminación oficina visitas 3
- Circuito EMG 1.3: Emergencias oficinas de taller y visitas
- Circuito ILM 1.14: Iluminación acceso
- Circuito ILM 1.15: Iluminación servicio caballeros
- Circuito ILM 1.16: Iluminación servicio señoras
- Circuito EMG 1.4: Emergencias acceso y servicios
- Circuito FRZ 1.1: T.C. Hall, escaleras y cuarto de limpieza
- Circuito FRZ 1.2: T.C. Repuestos
- Circuito FRZ 1.3: T.C. oficinas de taller y visitas
- Circuito FRZ 1.4: T.C. acceso y servicios
- Circuito ORD 1.1: T.C. informáticas oficinas de taller y visitas
- Circuito FRZ 1.5: Cuadro ascensor
- Circuito FRZ 1.6: Persiana exterior
- Circuito FRZ 1.7: Videoportero

#### C.S.2: Cuadro secundario 1ª Planta Oficinas

- Circuito ILM 2.1: Iluminación Hall
- Circuito ILM 2.2: Iluminación pasillo
- Circuito ILM 2.3: Iluminación descansillo
- Circuito EMG 2.1: Emergencias hall, pasillo y descansillo
- Circuito ILM 2.4: Iluminación vestuario de caballeros
- Circuito ILM 2.5: Iluminación vestuario de señoras
- Circuito ILM 2.6: Iluminación servicio caballeros
- Circuito ILM 2.7: Iluminación servicio señoras
- Circuito ILM 2.8: Iluminación comedor 1
- Circuito ILM 2.9: Iluminación comedor 2



- Circuito ILM 2.10: Iluminación comedor 3
- Circuito EMG 2.2: Emergencias comedor
- Circuito ILM 2.11: Iluminación archivo 1
- Circuito ILM 2.12: Iluminación archivo 2
- Circuito ILM 2.13: Iluminación archivo 3
- Circuito ILM 2.14: Iluminación sala de reuniones
- Circuito ILM 2.15: Iluminación Administración 1
- Circuito ILM 2.16: Iluminación Administración 2
- Circuito ILM 2.17: Iluminación Administración 3
- Circuito EMG 2.3: Emergencias Archivo, Sala de reuniones y Administración.
- Circuito ILM 2.18: Iluminación Oficina 1
- Circuito ILM 2.19: Iluminación Oficina 2
- Circuito ILM 2.20: Iluminación Despacho
- Circuito EMG 2.4: Emergencias Oficinas y Despacho
- Circuito FRZ 2.1: T.C. Cocina
- Circuito FRZ 2.2: Línea de cocina
- Circuito FRZ 2.3: Línea de frigorífico
- Circuito FRZ 2.4: T.C. Hall, vestuarios y servicios
- Circuito FRZ 2.5: T.C. Archivo, Sala de reuniones y Administración
- Circuito FRZ 2.6: T.C. Oficinas y Despacho
- Circuito ORD 2.1: T.C. Informáticas Administración
- Circuito ORD 2.2: T.C. Informáticas Oficinas y Despacho.

### C.S.3: Cuadro secundario 2ª Planta Oficinas

- Circuito ILM 3.1: Iluminación Hall 1
- Circuito ILM 3.2: Iluminación Hall 2
- Circuito ILM 3.3: Iluminación Hall 3
- Circuito EMG 3.1: Emergencias Hall
- Circuito ILM 3.4: Iluminación sala de audiovisuales 1
- Circuito ILM 3.5: Iluminación sala de audiovisuales 2



- Circuito ILM 3.6: Iluminación sala de audiovisuales 3
- Circuito EMG 3.2: Emergencia sala de audiovisuales
- Circuito ILM 3.7: Iluminación servicio de caballeros
- Circuito ILM 3.8: Iluminación servicio de señoras
- Circuito EMG 3.3: Emergencia servicios
- Circuito FRZ 3.1: T.C. Hall
- Circuito FRZ 3.2: T.C. Sala de audiovisuales
- Circuito FRZ 3.3: T.C. Baños
- Circuito ORD 3.1: T.C. Informática sala de audiovisuales

#### C.S.4: Cuadro secundario Taller

- Circuito ILM 4.1: Encendido rápido
- Circuito ILM 4.2: Encendido 1
- Circuito ILM 4.3: Encendido 2
- Circuito ILM 4.4: Encendido 3
- Circuito ILM 4.5: Encendido 4
- Circuito ILM 4.6: Encendido 5
- Circuito ILM 4.7: Encendido 6
- Circuito MAN 4.1: Maniobra encendidos rápido, 1, 2, 3, 4, 5 y 6.
- Circuito ILM 4.8: Iluminación almacén 2.
- Circuito ILM 4.9: Iluminación focos exteriores
- Circuito ILM 4.10: Iluminación farolas.
- Circuito MAN 4.2: Maniobra focos exteriores y farolas.
- Circuito ILM 4.11: Letrero luminoso 1
- Circuito ILM 4.12: Letrero luminoso 2
- Circuito ILM 4.13: Letrero luminoso 3
- Circuito MAN 4.3: Maniobra letreros luminosos 1, 2 y 3.
- Circuito EMG 4.1: Emergencias 1
- Circuito EMG 4.2: Emergencias 2
- Circuito EMG 4.3: Emergencias 3



- Circuito FRZ 4.1: Cuadro Puente Grúa 10 Tn.
- Circuito FRZ 4.2: Cuadro Puente Grúa 5 Tn
- Circuito FRZ 4.3: 7 cuadros de T.C.
- Circuito FRZ 4.4: 5 cuadros de T.C.
- Circuito FRZ 4.5: 5 cuadros de T.C.
- Circuito FRZ 4.6: 6 cuadros de T.C.
- Circuito FRZ 4.7: 6 cuadros de T.C.
- Circuito FRZ 4.8: Aerotermo 1
- Circuito FRZ 4.9: Aerotermo 2
- Circuito FRZ 4.10: Aerotermo 3
- Circuito FRZ 4.11: Aerotermo 4
- Circuito FRZ 4.12: Puerta exterior
- Circuito FRZ 4.13: Barrera
- Circuito FRZ 4.14: Portero
- Circuito FRZ 4.15: Alarma
- Circuito FRZ 4.16: Cuadro de aire acondicionado

#### C.S.5: Cuadro secundario Maquinaria

- Circuito FRZ 5.1: Línea de fuerza. Compresor.
- Circuito FRZ 5.2: Línea de fuerza. Secador compresor.
- Circuito FRZ 5.3: Línea de fuerza. Torno.
- Circuito FRZ 5.4: Línea de fuerza. Prensa.
- Circuito FRZ 5.5: Línea de fuerza. Taladro
- Circuito FRZ 5.6: Línea de fuerza. Sierra.
- Circuito FRZ 5.7: Línea de fuerza. Máquina de lavado a presión.
- Circuito FRZ 5.8: Línea de fuerza. Soldadura móvil.
- Circuito FRZ 5.9: Línea de fuerza. Extintor de humos
- Circuito FRZ 5.10: Línea de fuerza. Cuadro de pintura y lavado
- Circuito FRZ 5.11: Línea de fuerza. Puerta rápida.
- Circuito FRZ 5.12: Línea de fuerza. Puerta seccionable.





- Circuito FRZ 5.13: Línea de fuerza. Extractor de cabinas.

C.S.6: Cuadro secundario Almacén

- Circuito ILM 6.1: Encendido 7.
- Circuito ILM 6.2: Encendido 8.
- Circuito ILM 6.3: Encendido 9.
- Circuito MAN 6.1: Maniobra encendidos 7, 8 y 9.
- Circuito EMG 6.1: Emergencia almacén
- Circuito FRZ 6.1: 6 cuadros de T.C.
- Circuito FRZ 6.2: Puerta seccionable interior.
- Circuito FRZ 6.3: Puerta seccionable exterior.



## **1.12. CUADROS ELÉCTRICOS**

### **1.12.1. Interconexión de las distintas partes de la instalación**

El cuadro eléctrico es el punto de paso de la corriente eléctrica y en el que se deben instalar los dispositivos generales e individuales de mando y protección de una instalación eléctrica.

La instalación debe subdividirse convenientemente, de forma que una avería en algún punto de la misma solo afecte a un sector limitado de ella. Este hecho se consigue mediante la colocación de dispositivos de protección coordinados y diseñados de forma que se asegure la selectividad necesaria de la instalación. En este sentido se recomienda un sistema de cuadros que incluya:

- Un cuadro general de distribución, del que partirán las líneas que distribuyen la energía hasta los cuadros secundarios.
- Una serie de cuadros secundarios de distribución, derivados de los anteriores. De estos cuadros secundarios, si fuese necesario, podrán derivarse a su vez otros cuadros.

### **1.12.2. Ubicación**

El cuadro general de distribución deberá instalarse en una zona de servicio a la que no tenga acceso al público, a poder ser en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o derivación individual y se colocaran junto o sobre él, los dispositivos de mando y protección que se establecen en el apartado siguiente. Cuando no sea posible la instalación de estos cuadros en este punto próximo a la entrada de la acometida, se instalara en dicho punto, y dentro de un armario o cofret, un dispositivo de mando y protección (interruptor automático magnetotérmico) para cada una de las líneas. Estos cuadros estarán separados de los locales donde exista un peligro de incendio por medio de elementos a prueba de incendios y puertas resistentes al fuego.

Los cuadros secundarios, se instalaran en lugares a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro de incendio o de



pánico (como salas de público), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas resistentes al fuego, preferentemente en vestíbulos y pasillos, nunca en el interior de consultas.

Todos los cuadros deberán disponer de los correspondientes cierres de seguridad que impidan que personas ajenas al equipo de mantenimiento pudieran manipular en su interior.

### **1.12.3. Composición**

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio será vertical, se ubicaran en el interior de los cuadros eléctricos de donde partirán los circuitos interiores, y constaran como mínimo de los siguientes elementos:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento y que este dotado de elemento de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Este interruptor será independiente, si existe, del interruptor de control de potencia. Este interruptor servirá de protección general con los situados aguas abajo, con los que deberá estar coordinado para que exista la correspondiente selectividad. Este interruptor deberá llevar asociada una protección diferencial, destinada a la protección contra contactos indirectos. Con esta protección en el origen de la instalación se consigue proteger mediante diferenciales toda la instalación y al mismo tiempo conseguir una elevada continuidad de servicio, pues permite actuar ante un fallo fase-masa en los niveles superiores de distribución, o como protección de los usuarios si alguno de los diferenciales ubicados aguas abajo (en los cuadros secundarios, por ejemplo) quedara fuera de servicio de forma accidental o intencionada. Este diferencial en el origen de la instalación, se encontrará en serie con diferenciales instalados aguas abajo por lo que deberá establecerse la adecuada selectividad y con retardo de tiempo.
- Las líneas que partiendo de estos cuadros alimenten otro cuadros secundarios deberán disponer de dispositivos de corte omnipolar destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos.



- Dispositivo de protección contra sobretensiones.
- Si además de estos cuadros parten líneas para la alimentación directa de alguna cargas, cada uno de los circuito deberá contar con los siguientes dispositivos:
  - Dispositivos de corte omnipolar destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
  - Un interruptor diferencial, destinado a la protección contra contactos indirectos en los mencionados circuitos, que deberá establecerse con la correspondiente selectividad respecto a la protección diferencial dispuesta en la cabecera de la instalación.

### **Cuadros secundarios**

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento y que este dotado de elemento de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Interruptores diferenciales destinados a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, y selectivos respecto a la protección diferencial colocada aguas arriba.
- Dispositivos de corte omnipolar destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de los diferente circuitos.
- Dispositivos de protección contra sobretensiones.

### **1.12.4. Características de los cuadros de distribución**

Las dimensiones del cuadro que se elija para la ubicación de toda la paramenta necesaria para la protección, control y maniobra de los circuitos que partirán de él, axial como del nivel de segregación que se pretenda aplicar, debe ser al menos un 30 % superior a la dimensiones obtenidas en su cálculo, posibilitando de esta forma posibles ampliaciones en la instalación.

Las envolventes de los cuadros se ajustaran a la normas UNE 20451 y UNE-EN 60493-3, con un grado de protección mínimo IP30 según UNE 20324 y de protección mecánica mínima IK07 según UNE 50102.



La elección de los cuadros debe realizarse de modo que se permita la sustitución de cualquiera de sus componentes en el mismo tiempo posible, evitando siempre la necesidad de desmontar otros no implicados en la sustitución.

Cada cuadro deberá incluir además un sinóptico con el esquema unifilar correspondiente.

#### **1.12.5. Características de los circuitos**

De los cuadros generales saldrán las líneas que alimentan directamente aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución que conectaran los cuadros secundarios de distribución, de los que partirán los distintos circuitos alimentadores.

Deberán preverse circuitos distintos para las partes de la instalación que es necesario controlar separadamente, tales como alumbrado, tomas de corriente, alimentación de la maquinaria, etc., de forma que no se vean afectados dichos circuitos por el fallo de otros, o incluso por su normal funcionamiento como consecuencia de las perturbaciones que se pueden introducir en la red por parte de algunos receptores.

Todos los circuitos deben quedar identificados en sus puntos extremos, así como en las cajas mediante etiquetas donde vendrá indicado, de manera clara, indeleble y permanente, su destino, cuadro de procedencia e interruptor que le protege.

Además para distribución de los circuitos interiores se deberá seguir la pauta marcada en los siguientes puntos:

- Se deben instalar uno o varios interruptores diferenciales, garantizando la protección con sensibilidad máxima de 30 mA en todos los circuitos que estén al acceso de personas (en aquellos otros en los que no sea posible el contacto indirecto, por ejemplo, tramos enterrados, tramos entre cuadros inaccesibles, etc., o en aquellos en los que la continuidad del suministro sea fundamental, podrá admitirse el empleo de diferenciales de sensibilidad 300 mA o superior).



- En los receptores especialmente problemáticos (ya sea por el tipo de corriente que generan, por su potencia, por la probabilidad de fallos de aislamiento, por la posibilidad de fugas, etc.) se optara por utilizar un diferencial para cada receptor, con el objeto de que la actuación del mismo no suponga la desconexión de otras partes de la instalación.
- En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público en general (por ejemplo, vestíbulos, pasillos, corredores, salas de espera y salas de juntas), el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar, deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas. Cada una de estas líneas estarán protegidas en su origen contra sobrecargas, cortocircuitos y contra contactos indirectos.
- Los circuitos para el alumbrado de seguridad, en el caso que alimenten aparatos autónomos, podrán estar conectados al circuito de alumbrado normal, debiendo existir un interruptor manual que permita la desconexión del alumbrado normal sin desconectar el alumbrado de emergencia.



### **1.13. PROTECCIONES EN BAJA TENSION**

Toda instalación eléctrica tiene que estar dotada de una serie de protecciones que la hagan segura, tanto desde el punto de vista de los conductores y los aparatos a ellos conectados, como de las personas que han de trabajar en ella.

En las instalaciones de baja tensión, y de acuerdo con las ITC's-BT-22, 23 y 24 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, debemos considerar las siguientes protecciones:

#### **Protección de la instalación:**

- Contra sobrecargas.
- Contra cortocircuitos.

#### **Protección de las personas:**

- Contra contactos directos.
- Contra contactos indirectos.

#### **1.13.1. Dispositivos de protección**

Los dispositivos utilizados en el presente proyecto son una combinación entre interruptores diferenciales e interruptores magnetotérmicos.

#### **Interruptor diferencial:**

El interruptor diferencial es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger a las personas de las derivaciones causadas por faltas de aislamiento entre los conductores y tierra o masa de los aparatos. Es un interruptor que tiene la capacidad de detectar la diferencia entre la corriente de entrada y salida en un circuito. Cuando esta diferencia supera un valor determinado (sensibilidad), para el que está calibrado (30 mA, 300 mA, etc.), el dispositivo abre el circuito, interrumpiendo el paso de la corriente a la instalación que protege. En esencia, el interruptor diferencial consta de dos bobinas, colocadas en serie con los conductores que producen campos magnéticos opuestos y un núcleo o armadura que mediante un



dispositivo mecánico puede accionar unos contactos. Cuando las corrientes de entrada y salida no son iguales, los flujos creados por ambas corrientes en las bobinas dejan de ser iguales y el flujo diferencial entre ellas crea una corriente que activa el electroimán que a su vez posibilita la apertura de los contactos del interruptor.

### **Interruptor magnetotérmico:**

El interruptor magnetotérmico es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de protegerlas frente a las intensidades excesivas, producidas como consecuencia de cortocircuitos o por el excesivo número de elementos de consumo conectados a ellas. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

Al circular la corriente el electroimán crea una fuerza que, mediante un dispositivo mecánico adecuado, tiende a abrir un contacto, pero sólo podrá abrirlo si la intensidad que circula por la carga sobrepasa el límite de intervención fijado. Este nivel de intervención suele estar comprendido entre 3 y 20 veces la intensidad nominal (la intensidad de diseño del interruptor magnetotérmico) y su actuación es de aproximadamente unas 25 milésimas de segundo, lo cual lo hace muy seguro por su velocidad de reacción. Esta es la parte destinada a la protección frente a los cortocircuitos, donde se produce un aumento muy rápido y elevado de corriente.

La otra parte está constituida por una lámina bimetálica, que al calentarse por encima de un determinado límite, sufre una deformación y provoca la apertura de un contacto. Esta parte es la encargada de proteger de corrientes que, aunque son superiores a las permitidas por la instalación, no llegan al nivel de intervención del dispositivo magnético. Esta situación es típica de una sobrecarga, donde el consumo va aumentando conforme se van conectando aparatos.





### **1.13.2. Protección de la instalación**

Los dispositivos de protección tienen por finalidad registrar de forma selectiva las averías y separar las partes de la instalación defectuosa, así como limitar las sobreintensidades y los defectos de los arcos.

Cuando se disponen varios interruptores en serie, generalmente se requiere que estos sean selectivos. Un dispositivo de protección se considera selectivo cuando solamente dispara el interruptor inmediatamente anterior al punto defectuoso, tomando como base el sentido de flujo de la energía. En caso de fallar el interruptor, tiene que actuar otro de orden superior. (protección de reserva).

La selectividad de las protecciones es un elemento esencial que debe ser tomado en cuenta desde el momento de la concepción de una instalación de baja tensión, con el fin de garantizar a los usuarios la mejor disponibilidad de la energía. Se entiende por tiempo de escalonamiento, el intervalo de tiempo necesario para que dispare con seguridad sólo el elemento de protección anterior al punto de defecto. Las características de disparo de los diversos elementos de protección no deben entrecruzarse.

Una selección no selectiva está expuesta a riesgos de diversa gravedad:

- Imperativos de producción no respetados.
- Obligación de volver a realizar los procesos de arranque para cada una de las maquinas herramientas, como consecuencia de una perdida de alimentación general.
- Paros de motores de seguridad tales como bombas de lubricación, extractores de humos, etc.
- Roturas de fabricación con:
  - perdida de producción o de producto terminado.
  - Riesgo de avería en los útiles de producción dentro de procesos continuos.



#### **1.13.2.1. Protección contra sobrecargas**

Se denomina sobrecarga al paso de una intensidad superior a la nominal de la instalación. Esta instalación superior a la nominal, no producirá daños en la instalación si su duración es breve.

Se comprende que producirá grandes daños si su duración es larga, pues los aparatos receptores y conductores no están preparados para soportar este incremento de temperatura a la que se verán sometidos como consecuencia del aumento de la intensidad.

La consecuencia más directa de la sobrecarga, es una elevación de la temperatura, que por otra parte es la causa directa de los desperfectos que pueda ocasionar la sobrecarga en la instalación.

Los dispositivos de protección, deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que ésta pueda provocar calentamiento que afecte al aislamiento, las conexiones, los terminales, o el medio ambiente.

Las protecciones que se utilizan contra las sobrecargas, se tratan esencialmente de una protección térmica basada en la medición directa o indirecta de la temperatura del objeto que se ha de proteger, permitiendo además la utilización racional de la capacidad de sobrecarga de este mismo objeto.

Debe instalarse un dispositivo que asegure la protección contra las sobrecargas en los lugares en que un cambio trae consigo una reducción del valor de la corriente admisible de los conductores, por ejemplo, un cambio de sección, de naturaleza, de modo de instalación, etc.

Según ITC-BT-22 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, los dispositivos de protección contra sobrecargas serán fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o interruptores automáticos con curva térmica de corte.



### **1.13.2.2. Protección contra cortocircuitos**

Se produce un cortocircuito en un sistema de potencia, cuando entran en contacto, entre si o con tierra, conductores correspondientes a distintas fases. Normalmente las corrientes de cortocircuito son muy elevadas, entre 5 y 20 veces el máximo de la corriente de carga en el punto de falta.

La corriente de cortocircuito es la corriente que fluye por el punto en que se ha producido el cortocircuito y mientras tenga duración este. La corriente de cortocircuito transcurre, generalmente, en un principio de forma asimétrica con respecto a la línea cero y contiene una componente alterna y otra continua. La componente de corriente alterna se amortigua hasta alcanzar el valor de la intensidad permanente de cortocircuito. La componente de corriente continua se atenúa hasta anularse completamente. Las principales características de los cortocircuitos son:

- Su duración: autoextinguible, transitorio o permanente.
- Su origen: originados por factores mecánicos (rotura de conductores, conexión eléctrica accidental entre dos conductores producida por un objeto conductor extraño, como herramientas o animales), debidos a sobretensiones eléctricas de origen interno o atmosférico, causados por la degradación del aislamiento provocada por el calor, la humedad o un ambiente corrosivo.
- Su localización: dentro o fuera de una maquina o tablero eléctrico.

Desde otro punto de vista, los cortocircuitos pueden ser: monofásicos (el 80 % de los casos), bifásicos (el 15% de los casos) y trifásicos (solo el 5 % de los casos). Los bifásicos suelen degenerar en trifásicos.

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, admite como dispositivo de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.



En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

Se admite, no obstante que, cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecarga, mientras que un solo dispositivo general, pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Los dispositivos de protección deben ser previstos para interrumpir toda la corriente del cortocircuito en los conductores, antes que ésta pueda causar daños como consecuencia de los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

Todo dispositivo que asegure la protección contra cortocircuito debe responder a las dos siguiente condiciones:

- Su poder de ruptura debe ser por lo menos, igual a la corriente de cortocircuito presunta en el punto en que se encuentra instalado. Puede admitirse un dispositivo de poder de ruptura inferior, si hay instalado por delante otro con el poder de ruptura necesario y están coordinados, de forma que la energía que dejan pasar no sea superior a la que soporta sin daño el segundo dispositivo y las canalizaciones protegidas por él.
- El tiempo de ruptura de toda corriente resultante de un cortocircuito producido en un punto cualquiera del circuito, no debe ser superior al tiempo que se requiera para llevar la temperatura de los conductores al límite admisible.

### **Consecuencias de los cortocircuitos**

Depende de la naturaleza y duración de los defectos, del punto de la instalación afectado y de la magnitud de la intensidad.



Según el lugar del defecto, la presencia de un arco puede degradar los aislantes, fundir los conductores o provocar un incendio, representando un peligro para las personas.

Según el circuito afectado, pueden presentarse sobreesfuerzos electrodinámicos con deformación de los juegos de barras y arrancado o desprendimiento de los cables.

Puede haber un sobrecalentamiento debido al aumento de pérdidas por efecto Joule, con riesgo de deterioro de los aislantes.

Para los otros circuitos eléctricos de la red afectada o redes próximas:

- Bajadas de tensión durante el tiempo de la eliminación del defecto, de algunos milisegundos a varias centenas de milisegundos.
- Desconexión de una parte más o menos importante de la instalación, según el esquema y la selectividad de sus protecciones.
- Inestabilidad dinámica y pérdida de sincronismo de las máquinas.
- Perturbaciones en los circuitos de mando y control.

#### **1.13.2.3. Cálculo de las intensidades de cortocircuito**

Las intensidades de cortocircuito de la instalación han sido calculadas en el apartado 2.4 del documento “Cálculos”

#### **1.13.2.4. Coordinación de protecciones**

Si el dispositivo de protección contra las sobrecargas posee un poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito supuesta en el punto donde esté instalado, se considera que asegura la protección contra las corrientes de cortocircuito de la canalización situada en el lado de carga de este punto (puede no ser válido para interruptores automáticos no limitadores, cuyo caso habría que verificar la condición de tiempo máximo de disparo).

Cuando se protege contra sobrecarga y cortocircuito utilizando protecciones distintas, las características de los dispositivos deben estar coordinadas, de tal forma que la



energía que deja pasar el dispositivo de protección contra los cortocircuitos no sea superior a la que pueda soportar sin daño el dispositivo de protección contra las sobrecargas.

### **1.13.3. Protección de las personas**

Siempre que existan entre dos puntos una diferencia de potencial y un elemento conductor que los una entre sí, se establecerá una corriente eléctrica entre ellos. La circulación de la corriente por las personas, se puede producir de dos formas posibles:

- Cuando las personas se pongan en contacto directo con una parte eléctrica que normalmente estará en tensión (contacto directo) debido a que un conductor descubierto se ha hecho accesible por ruptura, defecto en el aislamiento, etc.
- Cuando la persona se pone en contacto con una parte metálica que accidentalmente se encuentra bajo tensión (contacto indirecto), como puede ser la carcasa conductora de un motor o máquina, etc., que puedan quedar bajo tensión por un defecto en el aislamiento, por confusión en la conexión del conductor de protección con el de fase activa.

Se han realizado diversos estudios para determinar con exactitud, los valores peligrosos de intensidad y tiempo, trazándose de esta forma curvas límites de tiempo-corriente para diferentes grados de peligrosidad. En general, valores inferiores a 30 mA se ha comprobado que no son peligrosos para el hombre, así como tiempos inferiores a 30 ms. Como es lógico, los valores de esta intensidad dependerán de los de la tensión existente y de la resistencia eléctrica del cuerpo humano.

Las distintas precauciones que se emplean tenderán a limitar la tensión de contacto. El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión fija estos valores en:

<i>Características del local</i>	<i>Límite de tensión de contacto</i>
Locales o emplazamientos húmedos	24 V
En los demás casos	50 V



El grado de peligrosidad de la corriente eléctrica para la persona que pueda establecer contacto directo o indirecto, dependerá de factores fisiológicos, e incluso de su estado concreto en el momento del contacto. Sin embargo, se puede decir que depende del valor de la corriente que pasa por él y de la duración de la misma.

#### **1.13.3.1. Protección contra contactos directos**

Para que se pueda considerar correcta la protección contra contactos directos, se tomarán en cuenta las siguientes medidas:

- Alejamiento de las partes activas de la instalación, eliminando la posibilidad de un contacto fortuito con las manos o por la manipulación de objetos conductores cuando estos se utilicen habitualmente cerca de la instalación.
- Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Por ejemplo, armarios eléctricos aislantes o barreras de protección. Si los obstáculos son metálicos, se deben tomar también las medidas de protección previstas contra contactos indirectos en los mismos.
- Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo. No se consideran materiales aislantes apropiados la pintura, los barnices, las lacas o productos similares.

En esta instalación se adoptará principalmente el indicado en el tercer apartado, es decir, todos los conductores activos estarán recubiertos por aislamientos apropiados.

#### **1.13.3.2. Protección contra contactos indirectos**

Los sistemas de protección contra estos contactos están fundamentados en estos tres principios:

- Impedir la aparición de defectos mediante aislamientos complementarios.
- Hacer que el contacto eléctrico no sea peligroso mediante el uso de tensiones no peligrosas.
- Limitar la duración del contacto a la corriente mediante dispositivos de corte.



Las medidas de protección contra contactos indirectos, pueden ser de las siguientes clases:

- *Clase A:* Esta medida consiste en tomar disposiciones destinadas a suprimir el riesgo haciendo que los contactos no sean peligrosos, o bien impidiendo los contactos simultáneos entre las masas y los elementos conductores entre los cuales puede aparecer una diferencia de potencial peligrosa.
- *Clase B:* Esta medida consiste en la puesta a tierra directa o la puesta a neutro de las masas, asociándola a un dispositivo de corte automático que origine la desconexión de la instalación defectuosa.

Adoptaremos una protección contra contactos indirectos de la clase B, conductores de protección puestos a tierra, combinados con interruptores diferenciales.

Las tomas de tierra tienen como objetivo evitar que cualquier equipo descargue su potencial eléctrico a tierra, a través de nuestro cuerpo. En condiciones normales, cualquier equipo puede tener en sus partes metálicas una carga eléctrica, bien por electricidad estática o bien por una derivación, para evitar precisamente una descarga eléctrica cuando se toca dicho equipo se exige que este tenga sus partes metálicas puestas a tierra.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual el interruptor diferencial debe desconectar automáticamente la instalación a proteger, en un tiempo conveniente, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

La elección de la sensibilidad del interruptor diferencial que debe utilizarse en cada caso, viene determinada por la resistencia de tierra de las masas, medida en cada punto de conexión de las mismas. Debe cumplir la relación:

$$\text{En locales secos:} \quad R \leq (50 / I_s)$$

$$\text{En locales húmedos o mojados:} \quad R \leq (24 / I_s)$$





Donde:

-  $I_s$  = Sensibilidad [mA]

#### **1.13.4. Solución adoptada**

La solución adoptada consiste en colocar un interruptor general automático y un interruptor diferencial a la entrada del cuadro general de distribución; a la salida de cada línea se colocará un interruptor magnetotérmico que las protejan.

En los cuadros auxiliares se colocará un interruptor de corte o un seccionador de corte en carga a la entrada del cuadro; a la salida de cada línea se colocarán un interruptor magnetotérmico y un interruptor diferencial.

Estos interruptores magnetotérmicos irán asociados a las puestas a tierra de las masas.

Los elementos de protección utilizados son de la marca Merlin Gerin. A su elección se tendrá en cuenta, aparte del calibre y del poder de corte, la selectividad y las curvas de limitación de los mismos que aparecen en los catálogos comerciales.

La protección diferencial se incluye en todas las derivaciones del embarrado y cuadros auxiliares que siguen a estas derivaciones, de forma que no pueda tener lugar ninguna electrocución o defecto peligroso.

La protección diferencial debe ser selectiva para lo cual se debe dotar a los diferenciales situados en cabecera de línea del retraso correspondiente en función de los diferenciales colocados en dichas líneas aguas abajo.

Las características de las protecciones utilizadas son las definidas en el apartado 2.5.3 del documento “Cálculos”.



## 1.14. COMPENSACIÓN DE LA ENERGÍA REACTIVA

La compensación de la energía reactiva es un proceso que se lleva a cabo para evitar una penalización económica por parte de las compañías suministradoras y para evitar el sobredimensionado de algunas partes de la instalación.

Lo que mide la calidad de la instalación es el factor de potencia y cuanto más se acerque a la unidad es mejor. Un buen factor de potencia hace que la instalación esté mejor aprovechada técnica y económicamente.

Las pautas que siguen las compañías para el recargo o el abono se rigen por una serie de fórmulas. Lo primero se realiza el cálculo del coseno de  $\varphi$ , y con este dato se calcula el porcentaje que se aplica a la suma del coste de la potencia contratada y del coste de la energía consumida:

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (\text{Con 2 decimales})$$

$$k_r(\%) = \frac{17}{(\cos \varphi)^2} - 21 \quad (\text{Con 1 decimal})$$

$$\text{Recargo} = (A+B) \cdot k_r(\%)$$

Donde:

- $\cos \varphi$  = Factor de potencia
- $P$  = Potencia activa [W]
- $Q$  = Potencia reactiva [VAr]
- $A$  = Precio de la potencia contratada
- $B$  = Precio de la energía consumida
- $k_r$  = Porcentaje de bonificación o recargo. La máxima bonificación que te pueden hacer es del 4% y el máximo recargo del 47%.



Existen diversas formas de compensar la energía reactiva: global, por sectores o individualmente. La mejor forma sería aquella que compensa la energía reactiva en el lugar que se consume, ya que de esta forma no tienes que sobredimensionar ninguna parte de la instalación por tener energía reactiva. Sin embargo, necesitarías más elementos compensadores.

#### **1.14.1. Formas de compensación**

##### **1.14.1.1. Compensación global**

La compensación se realiza en la cabecera de la instalación, por lo que asegura la compensación del conjunto de la instalación. No obstante, no elimina la energía reactiva en la instalación, por lo que los cables siguen sufriendo el calentamiento por pérdidas de Joule y deben estar más sobredimensionados.

Mejora el funcionamiento del centro de transformación, ya que sólo tiene que dar potencia activa.

##### **1.14.1.2. Compensación por sectores**

La compensación se realiza en el cuadro de cada taller o cada nave por lo que sí se quita a parte de la instalación de la energía reactiva. Al igual que en el caso anterior elimina las penalizaciones y mejora el funcionamiento del centro de transformación.

Las desventajas son que los cables aguas abajo de estos puntos siguen consumiendo energía reactiva, por lo tanto pérdidas y existe riesgo de sobrecompensación por cambios bruscos de usos, cosa que no puede darse en ningún caso.

##### **1.14.1.3. Compensación individual**

Esta compensación se realiza cuando la potencia de los motores es importante con respecto a la de la instalación, y compensa la energía reactiva en el mismo punto que se produce. En este caso, se reduce la energía reactiva en toda la instalación, por lo que los cables no deben estar sobredimensionados ni tendrán tantas pérdidas por efecto Joule.



También mejorará el comportamiento del Centro de Transformación y eliminará las penalizaciones.

### **1.14.2. Tipos de compensación**

#### **1.14.2.1. Condensadores fijos**

Es aquella compensación que se realiza con condensadores de valor unitario establecido. Se utilizan para cargas inductivas que tienen poca fluctuación de carga. Puede utilizarse para cada motor en caso de que sean grandes o para un conjunto de pequeños motores.

La conexión de estos condensadores puede realizarse manualmente (por interruptor), automáticamente (por contactor) o directamente (por conexión directa en los bornes del receptor).

#### **1.14.2.2. Condensadores de regulación automática o batería de condensadores**

La batería de condensadores es instalada en la cabecera del cuadro de distribución de Baja Tensión o en un lugar donde se maneje un sector importante en cuanto al consumo de energía reactiva. Las baterías de condensadores están formadas por distintos escalones de potencia reactiva. El valor del factor de potencia es detectado por un relé varimétrico que manda automáticamente la conexión y desconexión de los condensadores a través de contactores, en función de la carga y del factor de potencia deseado.

La compensación automática permite una adaptación casi inmediata de la energía reactiva necesaria. Dentro de la compensación automática cabe destacar dos posibilidades:

#### **Baterías con contactores electromecánicos**

Varían lentamente al variar la energía reactiva que necesita compensarse, del orden de segundos.



### **Baterías con tiristores**

Se utiliza cuando se quiere una compensación instantánea de la energía reactiva a consecuencia de la rápida variación de la carga.

Con este sistema mejoras la conexión de los escalones de la batería, ya que los condensadores se conectan en el preciso instante que la energía reactiva sobrepasa su valor, este o no cargado completamente el condensador. El tiempo que tarda en la conexión puede llegar a ser inferior al periodo de un ciclo de la frecuencia de la red.

Debido a esta mejor conexión se eliminan los transitorios, por lo que se alarga la vida útil de los condensadores y se aumenta el número de maniobras que se puede realizar. Además se eliminan movimientos mecánicos para la conexión de los condensadores.

Una vez establecida la forma y la potencia quedaría establecer el tipo de equipo, que podría ser con condensadores con tensión y potencia adecuada a la red o baterías con condensadores dimensionados en tensión y potencia con reactancias en cada escalón.

Este segundo tipo se realiza para proteger los condensadores y evitar que en caso de haber armónicos los amplifiquen.

Para escoger el tipo de batería hay que considerar si existen o no armónicos en la instalación, la posibilidad de que exista una resonancia entre el transformador y la batería y analizar las medidas de la instalación.

#### **1.14.3. Solución adoptada**

La compensación de la energía reactiva la realizaremos mediante compensación global a través de una batería de condensadores con interruptor automático con las características descritas en el apartado 2.7.1. del documento “Cálculos”.



### 1.15. PUESTA A TIERRA

Las puestas a tierra se establecen con el objeto principal de limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

La puesta a tierra se plantea como una instalación paralela a la instalación eléctrica que tiene que servir de protección para las personas, para las instalaciones eléctricas y para los receptores conectados a ellas.

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión determina en su ITC-BT-18, cual es límite de tensión admisible entre una masa cualquiera en relación a tierra, o entre masas distintas.

<i>Características del local</i>	<i>Límite de tensión de contacto</i>
Locales o emplazamientos húmedos	24 V
En los demás casos	50 V

Estos valores son los máximos que se supone soporta el cuerpo humano sin alteraciones significativas.

Las tomas de tierra limitan las sobreintensidades que por diferentes causas aparecen en las instalaciones, siendo esta limitación tanto mayor en cuanto las tomas de tierra presenten menor impedancia al paso de estas corrientes.

Durante el transcurso de las perturbaciones, los equipos de una misma instalación deben quedar al mismo potencial siendo muy importante la necesidad de corregir pequeños valores de puesta a tierra con el fin de obtener la equipotencialidad.



### **1.15.1. Características de la puesta a tierra**

La puesta a tierra comprende toda la instalación metálica directa, sin fusibles ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo, con el objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta, o las de descargas de origen atmosférico.

La instalación a tierra se convierte en una especie de embudo sumidero que manda a tierra toda la corriente eléctrica que se salga de su recorrido normal y también enviará a tierra corrientes o descargas de origen atmosférico o procedentes de otras fuentes.

El paso de estas diferentes corrientes por el terreno conductor, con unas características eléctricas variables por sus características geológicas, producen unas distribuciones de potencial en toda su masa y en particular en su superficie, con las consiguientes diferencias de potencial entre puntos del terreno que inciden directamente sobre la seguridad de las personas. Por ello, los estudios de las puestas a tierra deberán considerar:

- La seguridad de las personas.
- La protección de las instalaciones.
- La protección de los equipos sensibles.
- Un potencial de referencia.

Para ello es necesario conocer:

- Los elementos que forman las instalaciones.
- Las diferentes fuentes de corriente que las solicitan.
- Las respuestas de los diferentes elementos a estas diferentes fuentes.
- El terreno, teniendo en cuenta su heterogeneidad (rocas que lo forman, estratos, textura...) y los factores que sobre él actúan (humedad y temperatura).



### **1.15.2. Componentes de la puesta a tierra**

Los elementos de puesta a tierra, se dividen en cinco partes o grupos:

#### **El terreno**

El terreno, desde el punto de vista eléctrico, se considera como el elemento encargado de disipar corrientes de defecto o descargas de origen atmosférico.

Este comportamiento viene determinado por la resistividad, que es una característica de todos los materiales y que nos da una idea de la resistencia que ofrece un material al ser atravesado por una corriente eléctrica.

Los cuerpos que tienen una resistividad muy baja, dejan pasar fácilmente la corriente eléctrica, y los materiales que tienen una resistividad alta, se oponen al paso de corriente.

La resistividad depende de cada terreno y se mide en ohmios por metro.

Como los terrenos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, un determinado terreno tendrá una resistividad aparente que promedia los efectos de las diferentes capas que componen el terreno.

La investigación de las características eléctricas del terreno es un requerimiento de la instrucción MIE-RAT-13-2, para realizar el proyecto de una instalación de puesta a tierra, con la excepción de las instalaciones de tercera categoría e intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA, donde la investigación de las características (MIE-RAT-13-4) se sustituye por un examen visual del terreno, pudiéndose estimar la resistividad por los valores que para diferentes terrenos se indican en las tablas de la citada instrucción.

El terreno, como conductor de la corriente eléctrica, se puede considerar como un agregado formado por una parte sólida mineral y sendas partes líquida y gaseosa. La resistividad del terreno depende de los siguientes conceptos:





- Humedad.
- Resistividad de los minerales que forman la fracción sólida.
- Resistividad de los líquidos y gases que rellenan los poros de la fracción sólida.
- Porosidad.
- Salinidad.
- Superficie de separación de la fase líquida con la fase sólida.
- Temperatura.
- Textura.

### **Tomas de tierra**

La toma de tierra es el elemento de unión entre el terreno y el circuito instalado en el interior del edificio.

La toma de tierra consta de tres partes fundamentales:

### **Electrodos**

Son la masa metálica que se encuentra en contacto permanente con el terreno para facilitar a este el paso de corrientes de defecto, o la carga eléctrica que pueda tener.

Pueden ser naturales o artificiales; los electrodos naturales, suelen estar constituidos por conducciones metálicas enterradas, como conducciones de agua, cubiertas de plomo de cables de redes subterráneas, pilares metálicos de los edificios que se construyen con estructuras metálicas, etc. Los electrodos artificiales pueden ser barras (picas), tubos, placas metálicas, cables, u otros perfiles que a su vez puedan combinarse formando anillos o mallas.

De la sección en contacto con el terreno dependerá el valor de la resistencia a tierra. En general, la sección de un electrodo no debe ser inferior a 1/4 de la sección del conductor de línea principal de tierra.

Los metales deben ser inalterables a las acciones de la humedad y del terreno como son el cobre, el hierro galvanizado, fundición de hierro, etc.



### Líneas de enlace con tierra

La línea de enlace con la tierra está formada por los conductores que unen el electrodo, conjunto de electrodos o anillo, con el punto de puesta a tierra. Los conductores de enlace con tierra desnudos en el suelo, se consideran que forman parte del electrodo y deberán de cobre u otro metal de alto punto de fusión con un mínimo de 35 mm<sup>2</sup> de sección en caso de ser de cobre o su equivalente de otros metales.

### Puntos de puesta a tierra

El elemento de la puesta a tierra, es el situado fuera del terreno y que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra. El punto de puesta a tierra es un elemento de conexión, placa, regleta, grapa, etc. que une los conductores de la línea de enlace con la principal de tierra. El número de puntos de puesta a tierra conectados al mismo electrodo o conjunto de ellos dependerá del tipo de instalación.

### Línea principal de tierra

Es la parte del circuito de puesta a tierra del edificio, que está formado por conductores de cobre, que partiendo de los puntos de puesta a tierra, conecta con las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de todas las masas o elementos necesarios.

Los conductores serán de cobre y se dimensionarán con la máxima corriente de falta que se prevé, siendo como mínimo de 16 mm<sup>2</sup> de sección.

Su tendido se hará buscando los caminos más cortos y evitando los cambios bruscos de dirección. Se evitará someterlos a desgastes mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y los desgastes mecánicos. La línea principal de tierra termina en el punto de puesta a tierra, teniendo especial cuidado en la conexión, asegurando una conexión efectiva.

### Derivaciones de las líneas principales de tierra

Son los conductores que unen la línea principal de tierra con los conductores de protección o bien directamente las masas significativas que existen en el edificio. Serán de cobre u otro metal de elevado punto de fusión. El dimensionamiento viene dado en la ITC-



BT-18 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. La sección mínima de los conductores de protección dependerá de la sección de los conductores activos de la instalación, con un mínimo de  $2,5 \text{ mm}^2$  para secciones de los conductores de fase.

<i>Sección de los conductores de fase de la instalación</i> $S [\text{mm}^2]$	<i>Sección mínima de los conductores de protección</i> $S_p [\text{mm}^2]$
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 \leq S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

### **Conductores de protección**

Son los conductores de cobre, encargados de unir eléctricamente las masas de una instalación y de los aparatos eléctricos, con las derivaciones de la línea principal de tierra, con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos.

El dimensionamiento de estos conductores, viene dado en función de la sección del conductor de fase de la instalación que protege, según la ITC-BT-19.

### **1.15.3. Elementos a conectar a tierra**

Una vez realizada la toma de tierra del edificio, deberemos conectar en los puntos de puesta a tierra todos los elementos metálicos o elementos susceptibles de ponerse en tensión, con el fin de conseguir una gran red equipotencial dentro del edificio y en contacto íntimo con tierra.

Según la norma tecnológica de la edificación, deberá conectarse a tierra:

- Las instalaciones de fontanería, gas y calefacción, depósitos, calderas, etc.
- Guías metálicas de los aparatos elevadores.
- Caja General de Protección (no obligatorio según R.B.T.).
- Instalación de pararrayos.
- Instalación de antenas colectivas de TV y FM.



- Redes equipotenciales de cuarto de baño, que unan enchufes eléctricos y masas metálicas.
- Toda masa o elemento metálico significativo.
- Estructuras metálicas y armaduras de muros de hormigón.

#### **1.15.4. Solución adoptada**

El electrodo está formado por 14 picas de acero recubiertas de cobre de 16 mm de diámetro y 1,4 metros de longitud, situadas una en cada esquina de la nave, y unidas por medio de un conductor de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup> de sección. Esta irá unida al mallazo metálico de cimentación a través de un conductor de cobre de 35 mm<sup>2</sup> de sección por medio de soldaduras aluminotérmicas, formando así una superficie equipotencial a lo largo de toda la nave.

Del Cuadro General de Protección se unirá al conductor principal de tierra a través de un conductor de cobre de 35 mm<sup>2</sup>. Del Cuadro General de Protección partirán las derivaciones a los cuadros auxiliares de distribución y de estos partirán los conductores de protección a los distintos receptores (alumbrado de la nave, tomas de corriente y maquinaria).

Los conductores de tierra se distinguirán fácilmente de los conductores activos por el color amarillo-verde.



## **1.16. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

### **1.16.1. Reglamentación**

Para la elaboración del proyecto del Centro de Transformación se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto)
- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre)
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de “Iberdrola distribución eléctrica S.A.”
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

### **1.16.2. Centro de transformación de red pública y de abonado**

Cuando se trata de alimentar a diversos abonados en baja tensión, la empresa distribuidora instala un centro de transformación de potencia adecuada al consumo previsto del conjunto de abonados. Dicha instalación es propiedad de la empresa suministradora de electricidad la cual efectúa su explotación y mantenimiento, y se responsabiliza de su funcionamiento. Por tanto, este centro de transformación forma parte de la red de distribución también denominada “red pública”.

Ahora bien, a partir de determinada potencia y/o consumo, existe la opción de contratar el suministro de energía directamente en media tensión. En este caso, el abonado debe instalar su propio centro de transformación y realizar su explotación y mantenimiento. Se habla pues de un “centro de transformación de abonado”. Dado que el precio de la energía en media tensión es más bajo que en baja tensión, a partir de ciertas



potencias (KVA) y/o consumos (KWh) resulta más favorable contratar el suministro en media tensión, aún teniendo en cuenta el coste del centro y su mantenimiento (ambos a cargo del abonado). Esta opción presenta otras ventajas adicionales:

- Independencia respecto de otros abonados de baja tensión.
- Poder elegir el régimen de neutro de baja tensión más conveniente, aspecto importante para ciertas industrias, en las que la continuidad de servicio puede ser prioritaria.
- Prever futuras ampliaciones.

En nuestro caso, esta última opción ha sido la elegida para realizar el proyecto.

#### **1.16.3. Situación y emplazamiento**

El centro de transformación de abonado se encuentra situado en la parte delantera de la nave industrial, más concretamente en la parte izquierda. Su acceso está también en el exterior de la nave, y para acceder a él hay que pasar una verja de protección para evitar que se pueda entrar en el terreno del Centro de Transformación.

#### **1.16.4. Características generales del centro de transformación**

El centro de transformación objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-20.099.

La acometida al mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una red de Media Tensión, y el suministro de electricidad se efectuará a una tensión de servicio de 13,2 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo IBERDROLA la compañía eléctrica suministradora.

#### **1.16.5. Potencia necesaria para el centro de transformación**

El conductor de la derivación individual estará previsto para poder soportar la corriente máxima que el centro de transformación sea capaz de proporcionar en baja



tensión. De esta misma forma estarán dimensionadas las protecciones de la entrada del cuadro C.G.D.

Esto se dimensiona así para prever una futura ampliación de la potencia demandada por la empresa.

El transformador que hemos considerado conveniente instalar es un transformador Ormazábal de 400 KVA como se detalla en el apartado 2.2.2 del documento “Cálculos”.

$$S = 400 \text{ KVA}$$

$$U_2 = 400 \text{ V}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_2} = \frac{400000 \text{ VA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 577,35 \text{ A}$$

Dicha corriente llegará a la nave industrial a través de una línea de 20 m que une el transformador con la Caja General de Distribución mediante tres conductores de fase de 400 mm<sup>2</sup> de sección y un conductor neutro de 185 mm<sup>2</sup> de sección.

Si miramos cual es el porcentaje de caída de tensión en la dicha línea obtenemos los siguientes valores:

$$u = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_2 \cdot \cos \varphi}{c \cdot S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ m} \cdot 577,35 \text{ A} \cdot 0,97}{56 \frac{\text{m}}{\text{mm}^2} \cdot 400 \text{ mm}^2} = 0,8661 \text{ V}$$

$$u(\%) = \frac{u}{U_2} \cdot 100 = \frac{0,8661 \text{ V}}{400 \text{ V}} \cdot 100 = 0,2165\% < 1,5\%$$

Donde:



- $u$  = Caída de tensión en el conductor [V]
- $L$  = Longitud del conductor [m]
- $I_2$  = Intensidad en el lado de Baja Tensión del transformador [A]
- $U_2$  = Tensión en el lado de Baja Tensión del transformador [V]
- $\cos \varphi$  = Factor de potencia
- $c$  = Conductividad del conductor de Cu [ $\text{m}/\text{mm}^2$ ] =  $56 \text{ m}/\text{mm}^2$
- $S$  = Sección de los conductores de fase [ $\text{mm}^2$ ]

La caída de tensión que se produce en la línea será de 0,2165%, menor que la máxima caída de tensión que se puede producir en la derivación individual para un único usuario que es del 1,5%.

### **1.16.6. Obra civil**

#### **1.16.6.1. Local**

El Centro estará ubicado en una caseta al lado de la nave destinada únicamente a esta finalidad.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo EHC-4T1D con una puerta peatonal de Merlín Gerin, de dimensiones  $5,4 \times 6,6 \text{ m}^2$  y altura útil 3,2 m.

El acceso al Centro de Transformación estará restringido al personal de la compañía eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. El acceso se realizará únicamente por la parte exterior de la nave, no pudiendo acceder al centro desde el interior de la nave. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Compañía Eléctrica.

#### **1.16.6.2. Características del local**

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón compacto modelo EHC de Merlín Gerin.





Las características más destacadas del prefabricado de la serie EHC serán:

### **Compacidad**

Esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica. Realizar el montaje en la propia fábrica supone obtener calidad de origen, reducción del tiempo de instalación y la posibilidad de posteriores traslados.

### **Facilidad de instalación**

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación. Las dimensiones exteriores del centro son de 5,4 x 6,6 x 3,2 m<sup>3</sup>. La superficie del centro es de 35 m<sup>2</sup>. La profundidad de la excavación para el montaje del centro es de 0,7 m, teniendo en cuenta que se debe realizar el foso para la posible recogida de aceite en caso de producirse alguna ruptura y la instalación de la tierra de protección.

### **Material**

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes y techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica y una perfecta impermeabilización.

Los paneles que forman la envolvente están compuestos de hormigón vibrado, estando las armaduras del hormigón unidas entre si y al colector de tierras, y las puertas y rejillas presentan una resistencia de 10000  $\Omega$  respecto a la tierra de la envolvente.

El acabado estándar del centro se realiza con poliuretano, de color blanco en las paredes, y color marrón en techos, puertas y rejillas.

### **Equipotencialidad**

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema de equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10000  $\Omega$ .



Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.

### **Impermeabilidad**

Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre éstos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

### **Grados de protección**

Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que el grado de protección de la parte exterior del edificio prefabricado será de IP239, excepto en las rejillas de ventilación donde será de IP339.

Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación:

#### ***- Envolvente:***

- La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en la fábrica.
- La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.
- En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.

#### ***- Suelos:***

- Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o



cuadros eléctricos se taparán con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

- *Cuba de recogida de aceite:*

- La cuba de recogida de aceite se integrará en el propio diseño del hormigón. Tendrá una capacidad de 330 litros, estando así diseñada para recoger en su interior todo el aceite del transformador sin que éste se derrame por la base.
- En la parte superior irá dispuesta una rejilla apagafuegos de acero galvanizado perforada y además para mayor seguridad, irá cubierta por grava.

- *Puertas y rejillas de ventilación:*

- Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxy. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.
- Las puertas se pueden abatir 180° hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90° con un retenedor metálico.

### **1.16.7. Instalación eléctrica**

#### **1.16.7.1. Características de la red de alimentación**

La línea que alimenta al centro de transformación será de tipo subterránea a una tensión de 13,2 kV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 400 MVA, según datos proporcionados por la compañía suministradora.



### **1.16.7.2. Características de la aparamenta de alta tensión**

#### **Características generales Celdas SM6**

- Tensión asignada: 24 kV.
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
  - A frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 50 kV eficaces.
  - A impulso tipo rayo: 125 kV cresta.
- Intensidad asignada en funciones de línea: 630 A.
- Intensidad asignada en ruptofusibles 200 A.
- Intensidad nominal admisible de corta duración:
  - Durante un segundo 12,5 kA eficaces.
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible:
  - 40 kA cresta, es decir, 3,2 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.
- Grado de protección de la envolvente: IP307 según UNE 20324-94.
- *Puesta a tierra*: el conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE 20.099, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.
- *Embarrado*: el embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

#### **Celda de remonte (CMR)**

Celda Merlin Gerin de interruptor-seccionador de tres posiciones gama SM6, modelo 24 IM, permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente nominal, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de Media Tensión.

- Juego de barras tripolar de 630 A.



- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 630 A, tensión de 24 kV y 12,5 kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CIT manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 150 mm<sup>2</sup>.

#### Características eléctricas:

- Tensión nominal	24 KV
- Intensidad nominal	630 A
- Intensidad de corta duración (1s)	12,5 KA
- Nivel de aislamientos	
Frecuencia industrial (1 m)	
A tierra y entre fases	50 KV
A la distancia de seccionamiento	60 KV
Impulso tipo rayo	
A tierra y entre fases	125 KV
A la distancia de seccionamiento	145 KV
- Capacidad de cierre	40 KA
- Capacidad de corte	
Corriente principalmente activa	630 A
Corriente capacitiva	31,5 A
Corriente inductiva	12,5 A
Falta a tierra	63 A



### **Celda de protección con fusibles (CMPF)**

Celda Merlín Gerin de protección con fusibles, que contiene un interruptor y la protección con fusibles.

#### **Características eléctricas:**

- Tensión nominal	24 KV
- Intensidad nominal embarrado	400/630 A
- Intensidad nominal salida del transformador	200 A
- Intensidad de corta duración (1s)	12,5 KA
- Nivel de aislamientos	
Frecuencia industrial (1 m)	
A tierra y entre fases	50 KV
A la distancia de seccionamiento	60 KV
Impulso tipo rayo	
A tierra y entre fases	125 KV
A la distancia de seccionamiento	145 KV
- Capacidad de corte	
Corriente principalmente activa	400/630 A
Corriente capacitiva	31,5 A
Corriente inductiva	16 A
Falta a tierra	63 A
- Capacidad de ruptura combinación interruptor-fusibles	20 KA
- Corriente de transferencia (CEI 420)	600 A

### **Celda de medida (CMM):**

Celda Merlín Gerin de medida de tensión e intensidad con entrada inferior lateral por barras y salida inferior lateral por cables gama SM6, modelo 24 GBC-A.

- Juegos de barras tripolar de 630 A, tensión de 24 kV y 12,5 kA.
- Entrada lateral inferior izquierda por barras y salida inferior por cable.



- 3 Transformadores de intensidad de relación 20/5 A, 15 VA (pérdidas en el cableado y en los aparatos de medición), CL.0,5 (por tratarse de una utilización de facturación) y aislamiento 24 kV.
- 3 Transformadores de tensión, unipolares, de relación  $F_t = 1,9 U_n$ , CL.0,5 (por tratarse de una utilización de facturación) y aislamiento 24 kV.

El factor de tensión se determina por la tensión máxima de funcionamiento del transformador, que depende del régimen de neutro de la red y de las condiciones de puesta a tierra del devanado primario del transformador.

Cuando el transformador está conectado entre fase y tierra, el factor de tensión depende del régimen del neutro:

- $1,9 \cdot U_n$  durante 30 s, si la red es con neutro no efectivamente puesto a tierra, con eliminación automática del defecto.
- $1,9 \cdot U_n$  durante 8 h, si la red es con neutro aislado o esta compensada por una bobina de extinción, sin eliminación automática del defecto.

### **Transformador**

Se trata de una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 13,2 kV y la tensión a la salida en vacío de 400 V entre fases y 230 V entre fase y neutro.

El transformador a instalar será de la marca Ormazábal de baño de aceite. Tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21428 y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:



- Potencia nominal: 400 KVA.
- Tensión nominal primaria: 20000 V.
- Regulación en el primario: 2,5% / 5% / 7,5% / 10%.
- Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V.
- Tensión de cortocircuito: 4%.
- Grupo de conexión: Dyn11.
- Nivel de aislamiento:
  - Tensión de ensayo a onda 1,2/50 s 125 kV.
  - Tensión de ensayo a 50 Hz 1 min 50 kV.
- Rendimiento referido a 75° C 98,63 %
- Peso 1330 kg
- Clase térmica B
- Temperatura ambiente 40° C
- Devanados clase H-180 G-2
- Refrigeración por aire natural
- Construidos según normas UNE20-104, UNE20-178, EN60742 Y IEC742

#### **1.16.7.3. Características material vario de alta tensión**

##### **Embarrado general Celdas SM6**

El embarrado general de las celdas SM6 se construye con tres barras aisladas de cobre dispuestas en paralelo.

##### **Piezas de conexión Celdas SM6**

La conexión del embarrado se efectúa sobre los bornes superiores de la envolvente del interruptor-seccionador con la ayuda de repartidores de campo con tornillos imperdibles integrados de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2,8 m·da·N.

#### **1.16.7.4. Características de la aparamenta de baja tensión**

Los aparatos de protección en las salidas de Baja Tensión del Centro de Transformación no forman parte de este proyecto sino del proyecto de las instalaciones eléctricas de Baja Tensión.





#### **1.16.7.5. Medida de la energía eléctrica**

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida.

El cuadro de contadores estará formado por un armario de doble aislamiento de HIMEL modelo PLA-753/AT-ID de dimensiones 750 mm de alto x 500 mm de ancho y 320 mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

- Regleta de verificación normalizada por la Compañía Suministradora.
- Contador de energía activa mediante maxímetro.
- Contador de energía reactiva mediante maxímetro.
- Reloj de conmutación de tarifas.

#### **1.16.8. Puesta a tierra**

##### **Tierra de protección**

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas. Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

La tierra de protección según el código UNESA tendrá la configuración 70-60/5/4 6 según lo calculado en el apartado 2.8.11.3 del documento “Cálculos”.

##### **Tierra de servicio**

Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida.

La tierra de servicio según el código UNESA tendrá la configuración 5/4 4 según lo calculado en el apartado 2.8.11.3 del documento “Cálculos”.



### **Tierras interiores**

Las tierras interiores del centro de transformación tendrán la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre aislado formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1 m.

### **1.16.9. Instalaciones secundarias**

#### **Iluminación**

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 150 lux.

Se ha decidido poner 2 luminarias Philips TCW060 2xTL-D58 HF fluorescentes estancas. Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.



### **Iluminación de emergencia**

Se colocará 1 luminaria de emergencia y señalización Legrand Serie C3 de 200 lm y 6 W sobre la puerta del centro.

### **Tomas de corriente**

Se colocarán 2 tomas de corriente monofásica de 16 A tal y como se muestra en los planos.

### **Protección contra incendios**

De acuerdo con la instrucción MIE-RAT-14, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia equivalente 89 B de nieve carbónica de 5 kg.

### **Ventilación**

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural mediante las rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto, siendo la superficie mínima de la rejilla de entrada de aire en función de la potencia del mismo según se relaciona.

Estas rejillas se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

Potencia del transformador = 400 KVA

Superficie mínima de la rejilla = 1,0185 m<sup>2</sup>

La ventilación del centro de transformación se realiza según lo calculado en el apartado 2.8.9 del documento “Cálculos”

### **Seguridad en Celdas SM6**

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE 20.099, y que serán los siguientes:



- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras según se indica en anteriores apartados.



### **1.17. RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

El presupuesto total del proyecto asciende a la cantidad de CUATROCIENTOS OCHO MIL OCHENTA Y DOS EUROS CON OCHENTA Y DOS CENTIMOS.

Pamplona, a 27 de junio de 2011.

Fdo.: Miguel González Muro



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN PARA NAVE INDUSTRIAL.

## CÁLCULOS

Miguel González Muro

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, a 27 de junio de 2011



## **2. CÁLCULOS**



## ÍNDICE

2.1. ILUMINACIÓN .....	5
2.1.1. Cálculo de la iluminación interior .....	5
2.1.2. Cálculo de la iluminación exterior .....	35
2.1.3. Cálculo de la iluminación de emergencia y señalización .....	36
2.2. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE LÍNEA .....	50
2.2.1. Cuadro general de distribución y cuadros secundarios.....	52
2.2.2. Cálculo de la potencia del transformador .....	58
2.3. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN..	59
2.3.1. Acometida. Transformador - C.G.D. ....	61
2.3.2. Interpretación de las tablas adjuntas .....	63
2.3.3. Caja General de Protección y Cuadros Secundarios.....	64
2.4. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO .....	83
2.4.1. Cálculo de impedancias .....	83
2.4.2. Tipos de cortocircuitos.....	88
2.4.3. Cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito.....	89
2.4.4. Cálculo de la intensidad mínima de cortocircuito .....	90
2.4.5. Tiempo máximo que el conductor es capaz de soportar la corriente de cortocircuito .....	91
2.4.6. Tabla de resultados .....	92
2.5. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES.....	103
2.5.1. Interruptores magnetotérmicos .....	103
2.5.2. Interruptores diferenciales .....	104
2.5.3. Tabla de resultados .....	105
2.6. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA .....	111





2.7. CÁLCULO DE LA COMPENSACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.....	114
2.7.1. Dimensiones de la batería .....	114
2.7.2. Cálculo del conductor de conexión de la batería .....	120
2.7.3. Cálculo de la protección de la batería.....	121
2.8. CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	123
2.8.1. Datos del transformador.....	123
2.8.2. Intensidad nominal.....	123
2.8.2.1. En el lado de alta tensión .....	123
2.8.2.2. En el lado de baja tensión .....	124
2.8.3. Intensidad de cortocircuito.....	124
2.8.3.1. En el lado de alta tensión .....	124
2.8.3.2. En el lado de baja tensión .....	125
2.8.4. Dimensiones del embarrado.....	126
2.8.4.1. Celdas.....	126
2.8.4.2. Comprobación por densidad de corriente .....	126
2.8.4.3. Comprobación por sollicitación electrodinámica .....	127
2.8.4.4. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.....	127
2.8.5. Sección de los conductores del centro de transformación .....	128
2.8.5.1. Conexión celdas-transformador .....	128
2.8.5.2. Conexión del secundario del transformador al cuadro de baja tensión .....	128
2.8.6. Selección de las protecciones .....	129
2.8.6.1. En alta tensión.....	129
2.8.6.2. En baja tensión.....	129
2.8.7. Iluminación del centro de transformación .....	129
2.8.7.1. Alumbrado interior .....	129
2.8.7.2. Alumbrado de emergencia .....	131
2.8.8. Cuadro de baja tensión del centro de transformación.....	131
2.8.8.1. Dimensionado de los conductores del centro de transformación ..	131
2.8.8.2. Protecciones del cuadro de Baja Tensión .....	132
2.8.9. Dimensionado de la ventilación del centro de transformación.....	132



2.8.10. Dimensiones del pozo apagafuegos .....	133
2.8.11. Cálculo de la instalación de puesta a tierra.....	134
2.8.11.1. Terreno .....	134
2.8.11.2. Corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo de eliminación del defecto .....	134
2.8.11.3. Diseño de la instalación de tierra .....	135
2.8.11.4. Cálculo de la resistencia de la instalación de tierra .....	138
2.8.11.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.....	140
2.8.11.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación .....	141
2.8.11.7. Cálculo de las tensiones máximas aplicadas.....	142
2.8.11.8. Separación mínima entre los electrodos de la puesta a tierra de protección y la puesta a tierra de servicio.....	143
2.8.11.9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.	144



## **2.1. ILUMINACIÓN**

### **2.1.1. Cálculo de la iluminación interior**

El método empleado en el cálculo de la iluminación interior de cada local se denomina “método de los lúmenes” y desarrolla los siguientes puntos:

- Determinación del nivel de iluminación requerido
- Determinación del coeficiente de utilización
- Cálculo del número de lúmenes totales
- Cálculo del número de lámparas necesarias
- Cálculo de la altura de las lámparas
- Distribución de lámparas y lúmenes
- Fijación del emplazamiento de las lámparas

El desarrollo de estos puntos está extensamente desarrollado en el documento MEMORIA del presente proyecto.

La realización de este método determina el número mínimo de luminarias por local estudiado. En ciertos locales se han colocado un mayor número de luminarias debido a la valoración de otros criterios de carácter más intuitivo. Otros por ejemplo, debido a su reducida superficie, no han sido objeto de estudio.

Desarrollamos a continuación los resultados de aquellos valores que han sido estudiados.



## **PLANTA BAJA**

### **Hall Planta Baja**

- Dimensiones del local (m)
  - $a = 7,18 \text{ m}$
  - $b = 5,25 \text{ m}$
  - $S = 37,7 \text{ m}^2$
  - $h' = 3,05 \text{ m}$
  - $h'' = 0,85 \text{ m}$
  - $d' = 0,44 \text{ m}$
- Nivel de iluminación:  $E = 350 \text{ lux}$
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS 2xPL-C/2P26W.
- Tipo de luminaria: PHILIPS Downlight FBS 120.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 1800 lm
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$

- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 1,72$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,39$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:



$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 42286,06lm$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lumenes}}{n \cdot \Phi} = 11,75$$

### **Solución adoptada:**

- 26 lámparas PHILIPS 2xPL-C/2P26W.
- 13 luminarias PHILIPS Downlight FBS 120.

**Potencia:**  $13 \cdot 52 = 676$  W.

### **Cuarto de limpieza**

- Dimensiones del local (m)
  - a = 2,64 m
  - b = 2,64 m
  - S = 7,0 m<sup>2</sup>
  - h' = 3,05 m
  - h'' = 0,85 m
  - d' = 0,44 m
- Nivel de iluminación: E = 350 lux
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- Tipo de luminaria: PHILIPS TPS 350.
- Flujo luminoso de la lámpara (Φ): 5200 lm
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$



- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 0,75$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,28$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 10890,00lm$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lumenes}}{n \cdot \Phi} = 0,52$$

### **Solución adoptada:**

- 4 lámparas PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- 1 luminarias PHILIPS TPS 350.

**Potencia:**  $1 \cdot 216 = 216$  W.

### **Almacén de repuestos**

- Dimensiones del local (m)
  - a = 9,15 m
  - b = 16,39 m
  - a' = 7,24 m
  - b' = 8,20 m



$$S = 209,3 \text{ m}^2$$

$$h' = 3,05 \text{ m}$$

$$h'' = 0,85 \text{ m}$$

$$d' = 0,44 \text{ m}$$

$$h = 1,76$$

- Nivel de iluminación:  $E = 350 \text{ lux}$
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER 2xTL – D58W HF.
- Tipo de luminaria: PHILIPS TCW060.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 4450 lm
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$

- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 5,52$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,68$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 134683,41 \text{ lm}$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \cdot \Phi} = 15,13$$

**Solución adoptada:**

- 42 lámparas PHILIPS MASTER 2xTL – D58W HF.
- 21 luminarias PHILIPS TCW060.

**Potencia:**  $21 \cdot 116 = 2436$  W.

**Oficina de taller y repuestos**

- Dimensiones del local (m)
  - $a = 16,80$  m
  - $b = 4,37$  m
  - $S = 73,4$  m<sup>2</sup>
  - $h' = 3,05$  m
  - $h'' = 0,85$  m
  - $d' = 0,44$  m
- Nivel de iluminación:  $E = 500$  lux
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- Tipo de luminaria: PHILIPS TPS 350.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 5200 lm
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$

- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 1,97$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%





- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,45$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 101966,67lm$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lumenes}}{n \cdot \Phi} = 4,90$$

### **Solución adoptada:**

- 40 lámparas PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- 10 luminarias PHILIPS TPS 350.

**Potencia:**  $10 \cdot 216 = 2160$  W.

### **Oficina de visitas al taller**

- Dimensiones del local (m)
  - a = 4,60 m
  - b = 7,14 m
  - S = 32,8 m<sup>2</sup>
  - h' = 3,05 m
  - h'' = 0,85 m
  - d' = 0,44 m
- Nivel de iluminación: E = 500 lux
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- Tipo de luminaria: PHILIPS TPS 350.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 5200 lm.



- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$

- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 1,59$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,39$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 52634,62lm$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lumenes}}{n \cdot \Phi} = 2,53$$

### Solución adoptada:

- 24 lámparas PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- 6 luminarias PHILIPS TPS 350.

**Potencia:**  $6 \cdot 216 = 1296 \text{ W}$ .



### Almacén de carretillas de alquiler

- Dimensiones del local (m)
  - $a = 16,73 \text{ m}$
  - $b = 35,44 \text{ m}$
  - $S = 592,9 \text{ m}^2$
  - $h' = 8,40 \text{ m}$
  - $h'' = 0,85 \text{ m}$
  - $d' = 1,51 \text{ m}$
- Nivel de iluminación:  $E = 500 \text{ lux}$
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER HPI-P400W-BU.
- Tipo de luminaria: PHILIPS Cabana HPK 150.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ):  $32500 \text{ lm}$
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 6,04 \text{ m}$$

- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 1,88$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,45$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lumenes}} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 823487,78 \text{ lm}$$



- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lumenes}}}{n \cdot \Phi} = 25,34$$

### **Solución adoptada:**

- 15 lámparas PHILIPS MASTER HPI-P400W-BU.
- 15 luminarias PHILIPS Cabana HPK 150.

**Potencia:**  $15 \cdot 400 = 6000 \text{ W}$ .

### **Taller**

- Dimensiones del local (m)
  - a = 33,34 m
  - b = 49,51 m
  - a' = 12,22 m
  - b' = 12,22 m
  - S = 1800 m<sup>2</sup>
  - h' = 8,40 m
  - h'' = 0,85 m
  - d' = 1,51 m
- Nivel de iluminación: E = 500 lux
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER HPI-P400W-BU.
- Tipo de luminaria: PHILIPS Cabana HPK 150.
- Flujo luminoso de la lámpara (Φ): 32500 lm
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 6,04 \text{ m}$$



- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 4,31$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,61$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 1844253,89lm$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lumenes}}{n \cdot \Phi} = 57,63$$

### Solución adoptada:

- 52 lámparas PHILIPS MASTER HPI-P400W-BU.
- 52 luminarias PHILIPS Cabana HPK 150.

**Potencia:**  $52 \cdot 400 = 20800 \text{ W}$ .



## **PRIMERA PLANTA**

### **Vestuarios**

- Dimensiones del local (m)

$$a = 2,23 \text{ m}$$

$$b = 9,70 \text{ m}$$

$$S = 21,6 \text{ m}^2$$

$$h' = 3,05 \text{ m}$$

$$h'' = 0,85 \text{ m}$$

$$d' = 0,44 \text{ m}$$

- Nivel de iluminación:  $E = 350 \text{ lux}$
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- Tipo de luminaria: PHILIPS TPS 350.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 5200 lm.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$

- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 1,03$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,28$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:



$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 33798,44lm$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lumenes}}{n \cdot \Phi} = 1,62$$

### **Solución adoptada:**

- 12 lámparas PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- 3 luminarias PHILIPS TPS 350.

**Potencia:**  $3 \cdot 216 = 648$  W.

### **Comedor**

- Dimensiones del local (m)
  - a = 10,65 m
  - b = 4,37 m
  - S = 46,5 m<sup>2</sup>
  - h' = 3,05 m
  - h'' = 0,85 m
  - d' = 0,44 m
- Nivel de iluminación: E = 350 lux
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- Tipo de luminaria: PHILIPS TPS 350.
- Flujo luminoso de la lámpara (Φ): 5200 lm.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$



- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 46,5$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,45$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 45247,71lm$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{lu \text{ min arias}} = \frac{N^{\circ}_{lumenes}}{n \cdot \Phi} = 2,18$$

### **Solución adoptada:**

- 24 lámparas PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- 6 luminarias PHILIPS TPS 350.

**Potencia:**  $6 \cdot 216 = 1296 \text{ W}$ .

### **Descansillo**

- Dimensiones del local (m)
  - $a = 1,20 \text{ m}$
  - $b = 2,36 \text{ m}$
  - $a' = 6,00 \text{ m}$
  - $b' = 2,20 \text{ m}$





$$S = 16,0 \text{ m}^2$$

$$h' = 3,05 \text{ m}$$

$$h'' = 0,85 \text{ m}$$

$$d' = 0,44 \text{ m}$$

- Nivel de iluminación:  $E = 350 \text{ lux}$
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- Tipo de luminaria: PHILIPS TPS 350.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 5200 lm.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$

- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 1,37$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,39$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 17984,62 \text{ lm}$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \cdot \Phi} = 0,86$$

**Solución adoptada:**

- 12 lámparas PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- 3 luminarias PHILIPS TPS 350.

**Potencia:**  $3 \cdot 216 = 648$  W.

**Archivo**

- Dimensiones del local (m)
  - $a = 5,57$  m
  - $b = 7,12$  m
  - $a' = 1,41$  m
  - $b' = 5,57$  m
  - $S = 47,6$  m<sup>2</sup>
  - $h' = 3,05$  m
  - $h'' = 0,85$  m
  - $d' = 0,44$  m
- Nivel de iluminación:  $E = 500$  lux
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- Tipo de luminaria: PHILIPS TPS 350.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 5200 lm.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$

- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 2,42$$



- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,52$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 57172,84lm$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lumenes}}{n \cdot \Phi} = 2,75$$

### **Solución adoptada:**

- 32 lámparas PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- 8 luminarias PHILIPS TPS 350.

**Potencia:**  $8 \cdot 216 = 1728$  W.

### **Sala de reuniones**

- Dimensiones del local (m)
  - a = 3,92 m
  - b = 5,57 m
  - S = 21,8 m<sup>2</sup>
  - h' = 3,05 m
  - h'' = 0,85 m
  - d' = 0,44 m
- Nivel de iluminación: E = 500 lux
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- Tipo de luminaria: PHILIPS TPS 350.



- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 5200 lm.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$

- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 1,31$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,31$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 44020,97 \text{ lm}$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \cdot \Phi} = 2,12$$

### Solución adoptada:

- 16 lámparas PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- 4 luminarias PHILIPS TPS 350.

**Potencia:**  $4 \cdot 216 = 864 \text{ W}$ .



### Oficinas

- Dimensiones del local (m)

$$a = 4,44 \text{ m}$$

$$b = 2,74 \text{ m}$$

$$S = 12,2 \text{ m}^2$$

$$h' = 3,05 \text{ m}$$

$$h'' = 0,85 \text{ m}$$

$$d' = 0,44 \text{ m}$$

- Nivel de iluminación:  $E = 500 \text{ lux}$
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- Tipo de luminaria: PHILIPS TPS 350.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 5200 lm.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$

- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 0,96$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,28$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 27155,36 \text{ lm}$$



- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lumenes}}}{n \cdot \Phi} = 1,31$$

**Solución adoptada:**

- 8 lámparas PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- 2 luminarias PHILIPS TPS 350.

**Potencia:**  $2 \cdot 216 = 432 \text{ W}$ .

**Pasillo**

- Dimensiones del local (m)
  - a = 1,45 m
  - b = 5,67 m
  - S = 8,2 m<sup>2</sup>
  - h' = 3,05 m
  - h'' = 0,85 m
  - d' = 0,44 m
- Nivel de iluminación: E = 350 lux
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- Tipo de luminaria: PHILIPS TPS 350.
- Flujo luminoso de la lámpara (Φ): 5200 lm.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$

- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):



$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 0,66$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,28$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 12846,09lm$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lumenes}}{n \cdot \Phi} = 0,62$$

### **Solución adoptada:**

- 8 lámparas PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- 2 luminarias PHILIPS TPS 350.

**Potencia:**  $2 \cdot 216 = 432 \text{ W}$ .

### **Hall 1ª Planta**

- Dimensiones del local (m)
  - $a = 11,43 \text{ m}$
  - $b = 6,70 \text{ m}$
  - $a' = 6,65 \text{ m}$
  - $b' = 3,68 \text{ m}$
  - $S = 52,1 \text{ m}^2$
  - $h' = 3,05 \text{ m}$
  - $h'' = 0,85 \text{ m}$



$$d' = 0,44 \text{ m}$$

- Nivel de iluminación:  $E = 350 \text{ lux}$
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- Tipo de luminaria: PHILIPS TPS 350.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ):  $5200 \text{ lm}$ .
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$

- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 1,05$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,28$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 81420,31 \text{ lm}$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \cdot \Phi} = 3,91$$

### Solución adoptada:

- 32 lámparas PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- 8 luminarias PHILIPS TPS 350.





**Potencia:**  $8 \cdot 216 = 1728 \text{ W}$ .

### Despacho

- Dimensiones del local (m)

$$a = 4,62 \text{ m}$$

$$b = 4,62 \text{ m}$$

$$S = 21,3 \text{ m}^2$$

$$h' = 3,05 \text{ m}$$

$$h'' = 0,85 \text{ m}$$

$$d' = 0,44 \text{ m}$$

- Nivel de iluminación:  $E = 500 \text{ lux}$

- Tipo de iluminación: directa.

- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.

- Tipo de luminaria: PHILIPS TPS 350.

- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 5200 lm.

- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$

- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 1,31$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%

- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,31$

- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$

- Lúmenes totales necesarios:



$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 43033,06lm$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lumenes}}{n \cdot \Phi} = 2,07$$

### **Solución adoptada:**

- 16 lámparas PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- 4 luminarias PHILIPS TPS 350.

**Potencia:**  $4 \cdot 216 = 864$  W.

### **Administración**

- Dimensiones del local (m)
  - a = 12,38 m
  - b = 4,62 m
  - a' = 5,57 m
  - b' = 5,26 m
  - S = 86,5 m<sup>2</sup>
  - h' = 3,05 m
  - h'' = 0,85 m
  - d' = 0,44 m
- Nivel de iluminación: E = 500 lux
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- Tipo de luminaria: PHILIPS TPS 350.
- Flujo luminoso de la lámpara (Φ): 5200 lm.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.



$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$

- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 3,45$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,54$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 100108,56lm$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lumenes}}{n \cdot \Phi} = 4,81$$

### Solución adoptada:

- 48 lámparas PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- 12 luminarias PHILIPS TPS 350.

**Potencia:**  $12 \cdot 216 = 2592 \text{ W}$ .



## **SEGUNDA PLANTA**

### **Hall 2ª Planta**

- Dimensiones del local (m)

$$a = 17,10 \text{ m}$$

$$b = 11,43 \text{ m}$$

$$a' = 6,65 \text{ m}$$

$$b' = 3,68 \text{ m}$$

$$S = 171,0 \text{ m}^2$$

$$h' = 3,05 \text{ m}$$

$$h'' = 0,85 \text{ m}$$

$$d' = 0,44 \text{ m}$$

- Nivel de iluminación:  $E = 350 \text{ lux}$
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- Tipo de luminaria: PHILIPS TPS 350.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 5200 lm.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$

- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 2,55$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,52$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:



$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 143854,21lm$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lumenes}}{n \cdot \Phi} = 6,92$$

### **Solución adoptada:**

- 72 lámparas PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- 18 luminarias PHILIPS TPS 350.

**Potencia:**  $18 \cdot 216 = 3888 \text{ W}$ .

### **Audiovisuales**

- Dimensiones del local (m)
  - a = 17,10 m
  - b = 5,55 m
  - S = 94,9 m<sup>2</sup>
  - h' = 3,05 m
  - h'' = 0,85 m
  - d' = 0,44 m
- Nivel de iluminación: E = 500 lux
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- Tipo de luminaria: PHILIPS TPS 350.
- Flujo luminoso de la lámpara (Φ): 5200 lm.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$



- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 2,55$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,52$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 114068,51lm$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lumenes}}{n \cdot \Phi} = 5,48$$

### Solución adoptada:

- 48 lámparas PHILIPS MASTER 4xTL5-54W HFP.
- 12 luminarias PHILIPS TPS 350.

**Potencia:**  $12 \cdot 216 = 2592 \text{ W}$ .

Además de esto, también tenemos locales para los que por su reducido tamaño no ha sido necesario realizar ningún estudio lumínico como escaleras, ascensor, pasillo de acceso de personal, aseos y duchas

A continuación se muestra una tabla resumen de los datos del alumbrado interior.



## PLANTA BAJA

<i>Local</i>	<i>Marca</i>	<i>Luminaria</i>	<i>Lámpara</i>	<i>Nº de luminarias</i>	<i>P<sub>lámpara</sub></i> [W]	<i>P<sub>total</sub></i> [W]
Escalera	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	2	54	432
Hall Planta Baja	Philips	Downlight FBS 120	2xPL- C/2P26W	24	26	1248
Cuarto de limpieza	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	1	54	216
Almacén de repuestos	Philips	TCW060	2xTL-D58W HF	21	58	2436
Oficina de taller y repuestos	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	10	54	2160
Oficina de visitas	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	6	54	1296
Acceso de personal	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	1	54	216
Aseo caballeros	Philips	Downlight FBS 120	2xPL- C/2P26W	2	26	104
	Philips	Downlight FBS 120	2xPL- C/2P18W	2	18	72
Aseo señoras	Philips	Downlight FBS 120	2xPL- C/2P26W	2	26	104
	Philips	Downlight FBS 120	2xPL- C/2P18W	2	18	72
Almacén de carretillas	Philips	Cabana HPK 150	HPI-P400W- BU	15	400	6000
Taller	Philips	Cabana HPK 150	HPI-P400W- BU	52	400	20800



## 1ª PLANTA

<i>Local</i>	<i>Marca</i>	<i>Luminaria</i>	<i>Lámpara</i>	<i>Nº de luminarias</i>	<i>P<sub>lámpara</sub></i> [W]	<i>P<sub>total</sub></i> [W]
Vestuarios caballero	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	3	54	648
	Philips	Downlight FBS 120	2xPL- C/2P18W	4	18	144
Vestuarios señora	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	3	26	648
	Philips	Downlight FBS 120	2xPL- C/2P18W	4	18	144
Comedor	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	6	54	1296
Descansillo	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	3	54	648
Aseo caballeros	Philips	Downlight FBS 120	2xPL- C/2P26W	1	26	52
	Philips	Downlight FBS 120	2xPL- C/2P18W	1	18	36
Aseo señoras	Philips	Downlight FBS 120	2xPL- C/2P26W	1	26	52
	Philips	Downlight FBS 120	2xPL- C/2P18W	1	18	36
Archivo	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	8	54	1728
Sala de reuniones	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	4	54	864
Oficina 1	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	2	54	432
Oficina 2	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	2	54	432
Pasillo	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	2	54	432
Sala de espera	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	8	54	1728
Despacho	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	4	54	864
Administración	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	12	54	2592





## **2ª PLANTA**

<i>Local</i>	<i>Marca</i>	<i>Luminaria</i>	<i>Lámpara</i>	<i>Nº de luminarias</i>	<i>P<sub>lámpara</sub> [W]</i>	<i>P<sub>total</sub> [W]</i>
Aseo caballeros	Philips	Downlight FBS 120	2xPL- C/2P26W	1	26	52
	Philips	Downlight FBS 120	2xPL- C/2P18W	1	18	36
Aseo señoras	Philips	Downlight FBS 120	2xPL- C/2P26W	1	26	52
	Philips	Downlight FBS 120	2xPL- C/2P18W	1	18	36
Zona común	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	18	54	3888
Audiovisuales	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	12	54	2592

## **OTROS EMPLAZAMIENTOS**

<i>Local</i>	<i>Marca</i>	<i>Luminaria</i>	<i>Lámpara</i>	<i>Nº de luminarias</i>	<i>P<sub>lámpara</sub> [W]</i>	<i>P<sub>total</sub> [W]</i>
Almacén 2	Philips	TPS 350	4xTL5-54W HFP	3	54	648

### **2.1.2. Cálculo de la iluminación exterior**

Para la iluminación exterior no hemos realizado ningún tipo de cálculo. El alumbrado exterior constará de 4 farolas situadas en la fachada principal de la nave y 9 proyectores situados a nivel de suelo que iluminan las fachadas norte y este.



### 2.1.3. Cálculo de la iluminación de emergencia y señalización

#### PLANTA BAJA

##### Hall Planta Baja

- Área del local:  $S = 37,7 \text{ m}^2$
- Proporción de iluminación =  $5 \text{ lm/m}^2$
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ): 188,48 lm.
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 200 lm.
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lu min arias}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}} = 0,94$$

**Solución adoptada:** 1 luminaria LEGRAND Serie C3.

**Potencia:**  $1 \cdot 6 = 6 \text{ W}$ .

##### Cuarto de limpieza

- Área del local:  $S = 7,0 \text{ m}^2$
- Proporción de iluminación =  $5 \text{ lm/m}^2$
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ): 35,00 lm.
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 70 lm.
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lu min arias}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}} = 0,50$$



**Solución adoptada:** 1 luminaria LEGRAND Serie C3.

**Potencia:**  $1 \cdot 6 = 6$  W.

**Almacén de repuestos**

- Área del local:  $S = 209,3$  m
- Proporción de iluminación =  $5$  lm/m<sup>2</sup>
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ): 1046,50 lm.
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 200 lm.
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{lu \text{ min arias}} = \frac{\Phi_{necesario}}{\Phi_{lámpara}} = 5,26$$

**Solución adoptada:** 6 luminarias LEGRAND Serie C3.

**Potencia:**  $6 \cdot 6 = 36$  W.

**Oficina de taller y repuestos**

- Área del local:  $S = 73,4$  m
- Proporción de iluminación =  $5$  lm/m<sup>2</sup>
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ): 367,00 lm.
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 200 lm.
- Luminarias necesarias:



$$N^{\circ}_{lu \text{ min arias}} = \frac{\Phi_{necesario}}{\Phi_{lámpara}} = 1,84$$

**Solución adoptada:** 2 luminarias LEGRAND Serie C3. Además, se han dispuesto 2 luminarias LEGRAND Serie C3 de 70 lm encima de las puertas tal y como se muestra en el plano “Distribución en planta. Circuito de señalización y emergencia”.

**Potencia:**  $4 \cdot 6 = 24 \text{ W}$ .

### Oficina de visitas al taller

- Área del local:  $S = 32,8 \text{ m}^2$
- Proporción de iluminación =  $5 \text{ lm/m}^2$
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ): 164,00 lm.
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 200 lm.
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{lu \text{ min arias}} = \frac{\Phi_{necesario}}{\Phi_{lámpara}} = 0,82$$

**Solución adoptada:** 1 luminaria LEGRAND Serie C3.

**Potencia:**  $1 \cdot 6 = 6 \text{ W}$ .

### Almacén de carretillas de alquiler

- Área del local:  $S = 592,9 \text{ m}^2$
- Proporción de iluminación =  $5 \text{ lm/m}^2$
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ): 2964,56 lm.
- Tipo de luminaria: LEGRAND NFL.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 770 lm.



- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}} = 3,85$$

**Solución adoptada:** 4 luminarias LEGRAND NFL. Se ha añadido también una luminaria LEGRAND Serie C3 de 200 lm encima de la puerta exterior

**Potencia:**  $4 \cdot 13 + 1 \cdot 6 = 58 \text{ W}$ .

### Taller

- Área del local:  $S = 1800,0 \text{ m}^2$
- Proporción de iluminación =  $5 \text{ lm/m}^2$
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ): 8999,96 lm.
- Tipo de luminaria: LEGRAND NFL.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 770 lm.
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}} = 11,69$$

**Solución adoptada:** 10 luminarias LEGRAND NFL. También se disponen 6 luminarias LEGRAND Serie C3 de 200 lm en cada una de las puertas de la nave tal y como se disponen en el plano “Distribución en planta. Circuito de señalización y emergencia”.

**Potencia:**  $10 \cdot 13 + 6 \cdot 6 = 166 \text{ W}$ .



## 1ª PLANTA

### Vestuarios

- Área del local:  $S = 21,6 \text{ m}^2$
- Proporción de iluminación =  $5 \text{ lm/m}^2$
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ): 108,00 lm.
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 200 lm.
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lu min arias}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}} = 0,54$$

**Solución adoptada:** 1 luminaria LEGRAND Serie C3.

**Potencia:**  $1 \cdot 6 = 6 \text{ W}$ .

### Comedor

- Área del local:  $S = 46,5 \text{ m}^2$
- Proporción de iluminación =  $5 \text{ lm/m}^2$
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ): 232,50 lm.
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 200 lm.
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lu min arias}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}} = 1,16$$

**Solución adoptada:** 1 luminaria LEGRAND Serie C3.



**Potencia:**  $1 \cdot 6 = 6 \text{ W}$ .

### Descansillo

- Área del local:  $S = 16,0 \text{ m}^2$
- Proporción de iluminación =  $5 \text{ lm/m}^2$
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ):  $80,00 \text{ lm}$ .
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ):  $70 \text{ lm}$ .
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lu min arias}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}} = 1,14$$

**Solución adoptada:** 1 luminaria LEGRAND Serie C3.

**Potencia:**  $1 \cdot 6 = 6 \text{ W}$ .

### Archivo

- Área del local:  $S = 47,6 \text{ m}^2$
- Proporción de iluminación =  $5 \text{ lm/m}^2$
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ):  $238,00 \text{ lm}$ .
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ):  $200 \text{ lm}$ .
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lu min arias}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}} = 1,19$$



**Solución adoptada:** 2 luminarias LEGRAND Serie C3.

**Potencia:**  $2 \cdot 6 = 12 \text{ W}$ .

### Sala de reuniones

- Área del local:  $S = 21,6 \text{ m}^2$
- Proporción de iluminación =  $5 \text{ lm/m}^2$
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ):  $109,00 \text{ lm}$ .
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ):  $70 \text{ lm}$ .
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lu min arias}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}} = 1,56$$

**Solución adoptada:** 1 luminaria LEGRAND Serie C3.

**Potencia:**  $1 \cdot 6 = 6 \text{ W}$ .

### Oficinas

- Área del local:  $S = 12,2 \text{ m}^2$
- Proporción de iluminación =  $5 \text{ lm/m}^2$
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ):  $61,00 \text{ lm}$ .
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ):  $70 \text{ lm}$ .
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lu min arias}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}} = 0,87$$





**Solución adoptada:** 1 luminaria LEGRAND Serie C3.

**Potencia:**  $1 \cdot 6 = 6$  W.

### Pasillo

- Área del local:  $S = 8,2$  m
- Proporción de iluminación =  $5$  lm/m<sup>2</sup>
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ): 41,00 lm.
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 70 lm.
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{lu \text{ min arias}} = \frac{\Phi_{necesario}}{\Phi_{lámpara}} = 0,59$$

**Solución adoptada:** 1 luminaria LEGRAND Serie C3.

**Potencia:**  $1 \cdot 6 = 6$  W.

### Hall 1ª Planta

- Área del local:  $S = 52,1$  m
- Proporción de iluminación =  $5$  lm/m<sup>2</sup>
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ): 260,50 lm.
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 70 lm.
- Luminarias necesarias:



$$N^{\circ}_{lu \text{ min arias}} = \frac{\Phi_{necesario}}{\Phi_{lámpara}} = 3,72$$

**Solución adoptada:** 5 luminarias LEGRAND Serie C3.

**Potencia:**  $5 \cdot 6 = 30 \text{ W}$ .

### Despacho

- Área del local:  $S = 21,3 \text{ m}^2$
- Proporción de iluminación =  $5 \text{ lm/m}^2$
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ):  $106,50 \text{ lm}$ .
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ):  $70 \text{ lm}$ .
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{lu \text{ min arias}} = \frac{\Phi_{necesario}}{\Phi_{lámpara}} = 0,53$$

**Solución adoptada:** 1 luminaria LEGRAND Serie C3.

**Potencia:**  $1 \cdot 6 = 6 \text{ W}$ .

### Administración

- Área del local:  $S = 86,5 \text{ m}^2$
- Proporción de iluminación =  $5 \text{ lm/m}^2$
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ):  $432,50 \text{ lm}$ .
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ):  $200 \text{ lm}$ .
- Luminarias necesarias:



$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}} = 2,16$$

**Solución adoptada:** 4 luminarias LEGRAND Serie C3.

**Potencia:**  $4 \cdot 6 = 24 \text{ W}$ .

## 2ª PLANTA

### Hall 2ª Planta

- Área del local:  $S = 171,0 \text{ m}^2$
- Proporción de iluminación =  $5 \text{ lm/m}^2$
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ):  $855,00 \text{ lm}$ .
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ):  $200 \text{ lm}$ .
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}} = 4,28$$

**Solución adoptada:** 3 luminarias LEGRAND Serie C3.

**Potencia:**  $3 \cdot 6 = 18 \text{ W}$ .

### Audiovisuales

- Área del local:  $S = 94,9 \text{ m}^2$
- Proporción de iluminación =  $5 \text{ lm/m}^2$
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ):  $474,50 \text{ lm}$ .
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.



- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 200 lm.
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}} = 2,37$$

**Solución adoptada:** 4 luminarias LEGRAND Serie C3.

**Potencia:**  $4 \cdot 6 = 24$  W.

## **OTROS EMPLAZAMIENTOS**

### **Almacén 2**

- Área del local:  $S = 28,5$  m
- Proporción de iluminación =  $5$  lm/m<sup>2</sup>
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ): 142,50 lm.
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 200 lm.
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}} = 0,71$$

**Solución adoptada:** 1 luminaria LEGRAND Serie C3.

**Potencia:**  $1 \cdot 6 = 6$  W.

Al igual que en el capítulo 2.1.1, también contaremos con locales para los que no se ha realizado el estudio lumínico.



A continuación se muestra una tabla resumen de los datos del alumbrado interior.

### **PLANTA BAJA**

<i>Local</i>	<i>Marca</i>	<i>Luminaria</i>	<i>Referencia</i>	$\Phi_{lámpara}$ [lm]	<i>Nº de</i> <i>luminarias</i>	$P_{lámpara}$ [W]	$P_{total}$ [W]
Escaleras	Legrand	Serie C3	0615 08	70	2	6	12
Hall Planta Baja	Legrand	Serie C3	0615 20	200	1	6	6
Cuarto de limpieza	Legrand	Serie C3	0615 08	70	1	6	6
Almacén repuestos	Legrand	Serie C3	0615 20	200	6	6	36
Oficina de taller	Legrand	Serie C3	0615 20	200	2	6	12
	Legrand	Serie C3	0615 08	70	2	6	12
Oficina de visitas	Legrand	Serie C3	0615 20	200	1	6	6
Acceso de personal	Legrand	Serie C3	0615 08	70	2	6	12
Aseo caballero	Legrand	Serie C3	0615 08	70	1	6	6
Aseo señora	Legrand	Serie C3	0615 08	70	1	6	6
Almacén carretillas	Legrand	NFL	0618 47	770	4	13	52
	Legrand	Serie C3	0615 20	200	1	6	6
Taller	Legrand	NFL	0618 47	770	10	13	130
	Legrand	Serie C3	0615 20	200	6	6	36



## 1ª PLANTA

<i>Local</i>	<i>Marca</i>	<i>Luminaria</i>	<i>Referencia</i>	$\Phi_{lámpara}$ [lm]	<i>Nº de</i> <i>luminarias</i>	$P_{lámpara}$ [W]	$P_{total}$ [W]
Vestuario caballeros	Legrand	Serie C3	0615 20	200	1	6	6
Vestuarios señoras	Legrand	Serie C3	0615 20	200	1	6	6
Comedor	Legrand	Serie C3	0615 20	200	1	6	6
Descansillo	Legrand	Serie C3	0615 08	70	1	6	6
Aseo caballeros	Legrand	Serie C3	0615 08	70	1	6	6
Aseo señoras	Legrand	Serie C3	0615 08	70	1	6	6
Archivo	Legrand	Serie C3	0615 20	200	2	6	12
Sala de reuniones	Legrand	Serie C3	0615 08	70	1	6	6
Oficina 1	Legrand	Serie C3	0615 08	70	1	6	6
Oficina 2	Legrand	Serie C3	0615 08	70	1	6	6
Pasillo	Legrand	Serie C3	0615 08	70	1	6	6
Hall 1ª Planta	Legrand	Serie C3	0615 08	70	5	6	30
Despacho	Legrand	Serie C3	0615 08	70	1	6	6
Administración	Legrand	Serie C3	0615 20	200	4	6	24



## 2ª PLANTA

<i>Local</i>	<i>Marca</i>	<i>Luminaria</i>	<i>Referencia</i>	$\Phi_{lámpara}$ [lm]	<i>Nº de</i> <i>luminarias</i>	$P_{lámpara}$ [W]	$P_{total}$ [W]
Aseo caballeros	Legrand	Serie C3	0615 08	70	1	6	6
Aseo señoras	Legrand	Serie C3	0615 08	70	1	6	6
Hall 2ª Planta	Legrand	Serie C3	0615 20	200	3	6	18
Audiovisuales	Legrand	Serie C3	0615 20	200	4	6	24

## OTROS EMPLAZAMIENTOS

<i>Local</i>	<i>Marca</i>	<i>Luminaria</i>	<i>Referencia</i>	$\Phi_{lámpara}$ [lm]	<i>Nº de</i> <i>luminarias</i>	$P_{lámpara}$ [W]	$P_{total}$ [W]
Almacén 2	Legrand	Serie C3	0615 20	200	1	6	6



## 2.2. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE LÍNEA

En este apartado se va a calcular las intensidades que circulan por cada uno de los circuitos que componen la instalación.

Para realizar los cálculos se partirá de la potencia consumida por cada uno de los receptores y se usarán las siguientes fórmulas, dependiendo del tipo de red que se tenga:

### Receptor monofásico

$$I_n = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi}$$

### Receptor trifásico

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Donde:

- $I_n$  = intensidad nominal [A]
- $P$  = Potencia consumida en cada receptor [W]
- $V$  = Tensión nominal [V]
- $\cos \varphi$  = Factor de potencia de cada receptor.

Además se tendrán en cuenta los coeficientes que sean de aplicación en cada caso, dependiendo del tipo de receptor y su utilización. Al multiplicar estos coeficientes por la intensidad nominal se obtendrá  $I_c$ .

Cuando los receptores sean motores la potencia se multiplica por 1,25 según lo expuesto en la ITC-BT-47 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, que indica que los conductores que alimentan a motores deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor. En el caso en que una línea alimente varios motores, la línea se dimensiona para una intensidad no inferior a la suma del 125% de la intensidad de plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás. Si se trata de ascensores, el coeficiente de aplicación será de 1,3.





En los conductores que suministran corriente a lámparas de descarga se calculara para una carga total de 1.8 veces la potencia nominal según lo expuesto en la ITC-BT-44 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Para calcular la Potencia Activa total de cada línea, se sumará las de todos los elementos de la misma línea.



### 2.2.1. Cuadro general de distribución y cuadros secundarios

#### C.S.1: Planta Baja Oficinas

Circuito	$P$ [W]	$k_u$	$F_m$	$P_c$ [W]	$V$ [V]	$\cos \varphi$	$I_c$ [A]	Fase
ILM 1.1	484	0,85	1,8	740,5	230	1	3,22	RN
ILM 1.2	520	0,85	1	442,0	230	1	1,92	SN
ILM 1.3	676	0,85	1	574,6	230	1	2,50	TN
ILM 1.4	216	0,85	1,8	330,5	230	1	1,44	RN
EMG 1.1	24	0,85	1	20,4	230	1	0,09	TN
ILM 1.5	1044	0,85	1,8	1597,3	230	1	6,94	RN
ILM 1.6	696	0,85	1,8	1064,9	230	1	4,63	SN
ILM 1.7	696	0,85	1,8	1064,9	230	1	4,63	TN
EMG 1.2	36	0,85	1	30,6	230	1	0,13	SN
ILM 1.8	432	0,85	1,8	661,0	230	1	2,87	RN
ILM 1.9	864	0,85	1,8	1321,9	230	1	5,75	SN
ILM 1.10	864	0,85	1,8	1321,9	230	1	5,75	TN
ILM 1.11	432	0,85	1,8	661,0	230	1	2,87	RN
ILM 1.12	432	0,85	1,8	661,0	230	1	2,87	SN
ILM 1.13	432	0,85	1,8	661,0	230	1	2,87	TN
EMG 1.3	30	0,85	1	25,5	230	1	0,11	RN
ILM 1.14	216	0,85	1,8	330,5	230	1	1,44	RN
ILM 1.15	176	0,85	1	149,6	230	1	0,65	SN
ILM 1.16	176	0,85	1	149,6	230	1	0,65	SN
EMG 1.4	24	0,85	1	20,4	230	1	0,09	TN
FRZ 1.1	500	0,4	1	200,0	230	0,85	1,02	RN
FRZ 1.2	1200	0,4	1	480,0	230	0,85	2,46	SN
FRZ 1.3	1200	0,4	1	480,0	230	0,85	2,46	TN
FRZ 1.4	500	0,4	1	200,0	230	0,85	1,02	TN
ORD 1.1	1500	0,9	1	1350,0	230	0,85	6,91	RN
FRZ 1.5	4000	1	1,3	5200,0	400	0,7	10,72	RST
FRZ 1.6	700	0,6	1	420,0	230	0,8	2,28	SN
FRZ 1.7	20	0,6	1	12,0	230	0,95	0,05	RN
	18090			20170,9			78,35	
	<b>13567,5*</b>			<b>15128,2*</b>			<b>58,76*</b>	

\* Con un factor de simultaneidad  $k_s$  de 0,75



### C.S.2: Primera Planta Oficinas

<i>Circuito</i>	<i>P</i> [W]	<i>k<sub>u</sub></i>	<i>F<sub>m</sub></i>	<i>P<sub>c</sub></i> [W]	<i>V</i> [V]	<i>cos φ</i>	<i>I<sub>c</sub></i> [A]	<i>Fase</i>
ILM 2.1	1728	0,85	1,8	2643,8	230	1	11,49	RN
ILM 2.2	432	0,85	1,8	661,0	230	1	2,87	SN
ILM 2.3	648	0,85	1,8	991,4	230	1	4,31	TN
EMG 2.1	66	0,85	1	56,1	230	1	0,24	SN
ILM 2.4	792	0,85	1,8	1211,8	230	1	5,27	SN
ILM 2.5	792	0,85	1,8	1211,8	230	1	5,27	TN
ILM 2.6	88	0,85	1	74,8	230	1	0,33	RN
ILM 2.7	88	0,85	1	74,8	230	1	0,33	RN
ILM 2.8	432	0,85	1,8	661,0	230	1	2,87	RN
ILM 2.9	432	0,85	1,8	661,0	230	1	2,87	SN
ILM 2.10	432	0,85	1,8	661,0	230	1	2,87	TN
EMG 2.2	6	0,85	1	5,1	230	1	0,02	RN
ILM 2.11	432	0,85	1,8	661,0	230	1	2,87	SN
ILM 2.12	648	0,85	1,8	991,4	230	1	4,31	RN
ILM 2.13	648	0,85	1,8	991,4	230	1	4,31	TN
ILM 2.14	864	0,85	1,8	1321,9	230	1	5,75	SN
ILM 2.15	864	0,85	1,8	1321,9	230	1	5,75	RN
ILM 2.16	864	0,85	1,8	1321,9	230	1	5,75	SN
ILM 2.17	864	0,85	1,8	1321,9	230	1	5,75	TN
EMG 2.3	42	0,85	1	35,7	230	1	0,16	TN
ILM 2.18	432	0,85	1,8	661,0	230	1	2,87	RN
ILM 2.19	432	0,85	1,8	661,0	230	1	2,87	SN
ILM 2.20	864	0,85	1,8	1321,9	230	1	5,75	TN
EMG 2.4	18	0,85	1	15,3	230	1	0,07	RN
FRZ 2.1	600	0,4	1	240,0	230	0,85	1,23	SN
FRZ 2.2	3000	0,7	1	2100,0	230	0,75	12,17	TN
FRZ 2.3	2200	0,7	1	1540,0	230	0,85	8,37	RN
FRZ 2.4	600	0,4	1	240,0	230	0,85	1,23	RN
FRZ 2.5	1500	0,4	1	600,0	230	0,85	3,07	RN
FRZ 2.6	1000	0,4	1	400,0	230	0,85	2,05	SN
ORD 2.1	1500	0,9	1	1350,0	230	0,85	6,91	SN
ORD 2.2	1500	0,9	1	1350,0	230	0,85	6,91	TN
	24808			27359,8			126,88	



18606\*

20519,9\*

95,16\*

\* Con un factor de simultaneidad  $k_s$  de 0,75**C.S.3: Segunda Planta Oficinas**

<i>Circuito</i>	<i>P</i> [W]	<i>k<sub>u</sub></i>	<i>F<sub>m</sub></i>	<i>P<sub>c</sub></i> [W]	<i>V</i> [V]	<i>cos φ</i>	<i>I<sub>c</sub></i> [A]	<i>Fase</i>
ILM 3.1	1296	0,85	1,8	1982,9	230	1	8,62	RN
ILM 3.2	1296	0,85	1,8	1982,9	230	1	8,62	SN
ILM 3.3	1296	0,85	1,8	1982,9	230	1	8,62	TN
EMG 3.1	33	0,85	1	28,1	230	1	0,12	SN
ILM 3.4	1296	0,85	1,8	1982,9	230	1	8,62	RN
ILM 3.5	648	0,85	1,8	991,4	230	1	4,31	SN
ILM 3.6	648	0,85	1,8	991,4	230	1	4,31	TN
EMG 3.2	24	0,85	1	20,4	230	1	0,09	TN
ILM 3.7	88	0,85	1	74,8	230	1	0,33	SN
ILM 3.8	88	0,85	1	74,8	230	1	0,33	SN
EMG 3.3	12	0,85	1	10,2	230	1	0,04	RN
FRZ 3.1	1500	0,4	1	600,0	230	0,85	3,07	RN
FRZ 3.2	1500	0,4	1	600,0	230	0,85	3,07	SN
FRZ 3.3	500	0,4	1	200,0	230	0,85	1,02	TN
ORD 3.1	1500	0,9	1	1350,0	230	0,85	6,91	TN
	11725			12872,7			58,08	
	<b>8793,8*</b>			<b>9654,5*</b>			<b>43,56*</b>	

\* Con un factor de simultaneidad  $k_s$  de 0,75

**C.S.4: Taller**

<i>Circuito</i>	<i>P</i> [W]	<i>k<sub>u</sub></i>	<i>F<sub>m</sub></i>	<i>P<sub>c</sub></i> [W]	<i>V</i> [V]	<i>cos φ</i>	<i>I<sub>c</sub></i> [A]	<i>Fase</i>
ILM 4.1	2400	0,85	1	2040	230	1	8,87	RN
ILM 4.2	3200	0,85	1	2720	230	1	11,83	TN
ILM 4.3	2000	0,85	1	1700	230	1	7,39	RN
ILM 4.4	3200	0,85	1	2720	230	1	11,83	SN
ILM 4.5	3200	0,85	1	2720	230	1	11,83	SN
ILM 4.6	2800	0,85	1	2380	230	1	10,35	RN
ILM 4.7	4000	0,85	1	3400	230	1	14,78	TN
ILM 4.8	648	0,85	1	550,8	230	1	2,39	RN
ILM 4.9	1350	0,85	1	1147,5	230	1	4,99	SN
ILM 4.10	1600	0,85	1	1360	230	1	5,91	TN
ILM 4.11	2500	0,85	1	2125	230	1	9,24	RN
ILM 4.12	2500	0,85	1	2125	230	1	9,24	SN
ILM 4.13	2500	0,85	1	2125	230	1	9,24	TN
EMG 4.1	64	0,85	1	54,4	230	1	0,24	RN
EMG 4.2	64	0,85	1	54,4	230	1	0,24	SN
EMG 4.3	38	0,85	1	32,3	230	1	0,14	TN
FRZ 4.1	4500	1	1,25	5625	400	0,8	10,15	RST
FRZ 4.2	3200	1	1,25	4000	400	0,8	7,22	RST
FRZ 4.3	10500	1	1	10500	400	0,85	17,83	RST
FRZ 4.4	7500	1	1	7500	400	0,85	12,74	RST
FRZ 4.5	7500	1	1	7500	400	0,85	12,74	RST
FRZ 4.6	9000	1	1	9000	400	0,85	15,28	RST
FRZ 4.7	9000	1	1	9000	400	0,85	15,28	RST
FRZ 4.8	2000	1	1,25	2500	230	0,75	14,49	RN
FRZ 4.9	2000	1	1,25	2500	230	0,75	14,49	RN
FRZ 4.10	2000	1	1,25	2500	230	0,75	14,49	SN
FRZ 4.11	2000	1	1,25	2500	230	0,75	14,49	SN
FRZ 4.12	1000	0,7	1,25	875	230	0,8	4,76	SN
FRZ 4.13	500	0,6	1,25	375	230	0,8	2,04	SN
FRZ 4.14	20	0,6	1	12	230	0,95	0,05	SN
FRZ 4.15	100	0,6	1	60	230	0,95	0,27	SN
FRZ 4.16	20000	1	1,25	25000	400	0,87	41,48	RST
	112884			116701,4			316,30	



84663\*

87526,1\*

237,23\*

\* Con un factor de simultaneidad  $k_s$  de 0,75**C.S.5: Maquinaria**

<i>Circuito</i>	<i>P</i> [W]	<i>k<sub>u</sub></i>	<i>F<sub>m</sub></i>	<i>P<sub>c</sub></i> [W]	<i>V</i> [V]	<i>cos φ</i>	<i>I<sub>c</sub></i> [A]	<i>Fase</i>
FRZ 5.1	22000	1	1,25	27500	400	0,6	66,15	RST
FRZ 5.2	1500	1	1,25	1875	400	0,6	4,51	RST
FRZ 5.3	5000	1	1,25	6250	400	0,8	11,28	RST
FRZ 5.4	4800	1	1,25	6000	400	0,8	10,83	RST
FRZ 5.5	1600	1	1,25	2000	400	0,75	3,85	RST
FRZ 5.6	1500	1	1,25	1875	400	0,8	3,38	RST
FRZ 5.7	5500	1	1,25	6875	400	0,8	12,40	RST
FRZ 5.8	6600	1	1,25	8250	400	0,75	15,88	RST
FRZ 5.9	900	1	1,25	1125	400	0,8	2,03	RST
FRZ 5.10	5500	1	1,25	6875	400	0,8	12,40	RST
FRZ 5.11	500	0,7	1,25	437,5	230	0,8	2,38	TN
FRZ 5.12	1000	0,7	1,25	875	400	0,8	1,58	RST
FRZ 5.13	2600	1	1,25	3250	400	0,7	6,70	RST
	59000			73187,5			153,37	
	<b>44250*</b>			<b>54890,6*</b>			<b>115,03*</b>	

\* Con un factor de simultaneidad  $k_s$  de 0,75

**C.S.6: Almacén**

<i>Circuito</i>	<i>P</i> [W]	<i>k<sub>u</sub></i>	<i>F<sub>m</sub></i>	<i>P<sub>c</sub></i> [W]	<i>V</i> [V]	<i>cos φ</i>	<i>I<sub>c</sub></i> [A]	<i>Fase</i>
ILM 6.1	2000	0,85	1	1700	230	1	7,39	RN
ILM 6.2	2000	0,85	1	1700	230	1	7,39	SN
ILM 6.3	2000	0,85	1	1700	230	1	7,39	TN
EMG 6.1	58	0,85	1	49,3	230	1	0,21	SN
FRZ 6.1	9000	1	1	9000	400	0,85	15,28	RST
FRZ 6.2	1000	0,7	1,25	875	400	0,8	1,58	RST
FRZ 6.3	1000	0,7	1,25	875	400	0,8	1,58	RST
	17058			15899,3			40,83	
	<b>12793,5*</b>			<b>11924,5*</b>			<b>30,62*</b>	

\* Con un factor de simultaneidad  $k_s$  de 0,75

**C.G.D.**

<i>Circuito</i>	<i>P</i> [W]	<i>P<sub>c</sub></i> [W]	<i>V</i> [V]	<i>I<sub>c</sub></i> [A]	<i>Fase</i>
C.S.1	13567,5	15128,2	400	58,76	RST
C.S.2	18606	20519,9	400	95,16	RST
C.S.3	8793,8	9654,5	400	43,56	RST
C.S.4	84663	87526,1	400	237,23	RST
C.S.5	44250	54890,6	400	115,03	RST
C.S.6	12793,5	11924,5	400	30,62	RST
	182673,8	199643,7		580,36	
	<b>164406,4*</b>	<b>179679,3*</b>		<b>522,32*</b>	

\* Con un factor de simultaneidad  $k_s$  de 0,9



### 2.2.2. Cálculo de la potencia del transformador

Tras el cálculo de la potencia e intensidades que demandará la empresa, se ha visto que para estas necesidades de consumo y de utilización el transformador más adecuado es de 400 KVA de potencia.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{400000VA}{\sqrt{3} \cdot 400V} = 577,35A$$

Donde:

- I = Intensidad del transformador en el secundario [A]
- S = Potencia del transformador [VA]
- V = Tensión de la línea [V]

Comprobamos que la intensidad nominal que el transformador es capaz de dar en el secundario es mayor que los 522,32 A demandados.





## **2.3. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN**

Una vez conocida la intensidad nominal de cada receptor se calcula la sección de la línea que lo alimenta de la siguiente manera:

### **Paso 1:**

Elegir el tipo de conductor que vamos a utilizar y por donde lo vamos a llevar, es decir, los siguientes condicionantes:

- Material del conductor (Aluminio o cobre)
- Tipo de instalación (bajo tubo, al aire, canaleta, bandeja, empotrado...).
- Material aislante (XLPE, EPR, PVC...)
- Tipo de cable (unipolar o multipolar)

Según las condiciones que elijamos se tendrán en cuenta cuando proceda factores de corrección que dependen de la temperatura ambiente, tipo de canalización y número de conductores que se alojan en la misma entre otros. Por tanto cuando las condiciones reales de instalación sean distintas de las condiciones tipo, la intensidad admisible se deberá corregir aplicando los factores de corrección que vienen recogidos en la ITC-BT-06 e ITC-BT-07 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

### **Paso 2:**

Tras haber decidido las opciones anteriores, se calculan las secciones de los conductores aplicando los siguientes criterios:

### **Criterio térmico**

Dependiendo del tipo de canalización y conductor elegido, se hallará la sección necesaria a partir de los valores tabulados que aparecen en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en su ITC-BT-06 si la línea es aérea, ITC-BT-07 si es subterránea o en la ITC-BT-19 si se trata de una instalación interior.



En este proyecto todas las líneas escogidas tienen en común que son cables unipolares de cobre y con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).

### Caída de tensión

Teniendo en cuenta las condiciones que vienen recogidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, las máximas caídas de tensión serán del 4,5% para alumbrado y del 6,5% para otros usos.

Por tanto habrá que ver qué sección es la adecuada para que la caída de tensión en las líneas no supere esos valores.

Según sea la línea trifásica o monofásica tendremos distintas expresiones para calcular las secciones en función de las caídas de tensión.

#### Línea monofásica

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_c \cdot \cos \varphi}{\sigma \cdot \Delta V}$$

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot P_c}{\sigma \cdot \Delta V \cdot V}$$

#### Línea trifásica

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_c \cdot \cos \varphi}{\sigma \cdot \Delta V}$$

$$S = \frac{L \cdot P_c}{\sigma \cdot \Delta V \cdot V}$$

Donde:

- S = Sección del conductor [mm<sup>2</sup>]
- P<sub>c</sub> = Potencia de la línea [W]
- V = Tensión de la línea [V]
- I<sub>c</sub> = Intensidad de la línea [A]
- L = Longitud del conductor [m]
- cos φ = Factor de potencia de la línea
- σ = Conductividad del material conductor [m/Ω·mm<sup>2</sup>] = 56 m/Ω·mm para Cu y 35 m/Ωmm<sup>2</sup> para Al.



- $\Delta V$  = Máxima caída de tensión admisible [V]

### **Paso 3:**

Una vez calculada la sección de la línea según los dos criterios se escogerá el resultado que mayor sección de ambos métodos como definitiva y se escogerá para los conductores de fase alguna de las secciones normalizadas mayores.

### **Paso 4:**

Para finalizar obtenemos la sección del neutro y del cable de protección según lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el cálculo de las secciones de los cables.

#### **2.3.1. Acometida. Transformador - C.G.D.**

Dimensionaremos el conductor para la potencia nominal del transformador para prever así posibles futuras instalaciones.

$$S = 400 \text{ KVA}$$

$$V = 400 \text{ V}$$

$$I_c = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{400000 \text{ VA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 577,35 \text{ A}$$

Donde:

- $S$  = Potencia del transformador [VA]
- $V$  = Tensión de la línea [V]
- $I_c$  = Intensidad de la línea [A]



La línea que transporta la potencia del transformador al Cuadro General de Distribución irá en canalización enterrada bajo tubo a través de tres cables unipolares con aislamiento de XLPE.

De acuerdo con lo prescrito en la ITC-BT-07 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, y aplicando los factores de corrección correspondientes (0,8 por tratarse de instalación bajo tubo), la sección de los cables será de 400 mm<sup>2</sup> para los conductores de fase y de 185 mm<sup>2</sup> para el neutro. Dicha configuración es capaz de soportar 705 A en servicio permanente.

Comprobamos ahora que el cable ha sido correctamente escogido a través de la máxima caída de tensión que se da en la línea objeto de cálculo.

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_c \cdot \cos \varphi}{S \cdot \sigma} = \frac{\sqrt{3} \cdot 20m \cdot 577,35A \cdot 0,97}{400mm^2 \cdot 56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}} = 0,8661 V$$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V \cdot 100}{400} = 0,2165 \% < 6,5\%$$

Donde:

- $\Delta V$  = Caída de tensión [V]
- L = Longitud de la línea [m]
- $I_c$  = Intensidad de la línea [A]
- $\cos \varphi$  = Factor de potencia
- S = Sección del conductor [mm<sup>2</sup>]
- $\sigma$  = Conductividad del material conductor [m/Ω·mm<sup>2</sup>] = 56 m/Ω·mm para Cu y 35 m/Ωmm<sup>2</sup> para Al.



### 2.3.2. Interpretación de las tablas adjuntas

A continuación se explican las tablas que aparecen en los siguientes puntos y cuyos elementos ya se han explicado cómo se calculan.

- Circuito = Designación de la línea eléctrica a la que se hace referencia.
- $P_c$  = Potencia de cálculo. Resultante de multiplicar la potencia nominal del receptor por los coeficientes de mayoración y de simultaneidad correspondientes.
- $V$  = Tensión de servicio.
- $\cos \varphi$  = Factor de potencia del receptor.
- Cond = Material del conductor de la línea objeto de estudio = Aluminio (Al) o Cobre (Cu).
- Aislam = Aislamiento del conductor = Polietileno reticulado (XLPE)
- Canal = Canalización de los cables. Puede ser subterránea (S), bajo tubo (BT) o en bandeja (B)
- $I_c$  = Intensidad de cálculo. Resultante de multiplicar la intensidad nominal del receptor por los coeficiente de mayoración y de simultaneidad correspondientes.
- $S_1$  = Sección del conductor objeto de estudio normalizada según el criterio térmico.
- $L$  = Longitud de la línea objeto de estudio.
- $\sigma$  = Conductividad del material conductor [ $m/\Omega \cdot mm^2$ ] = 56  $m/\Omega \cdot mm$  para Cu y 35  $m/\Omega mm^2$  para Al.
- $\Delta V$  = Caída de tensión máxima admisible en la línea [%] = 4,5% para alumbrado y 6,5% para otros usos.
- $S_c$  = Sección teórica de los conductores de fase calculada por caída de tensión
- $S_2$  = Sección normalizada correspondiente a la sección calculada por caída de tensión.



### 2.3.3. Caja General de Protección y Cuadros Secundarios

#### C.S.1: Planta Baja Oficinas

Circuito	Fase	$P_c$ [W]	$V$ [V]	$\cos \varphi$	CRITERIO TÉRMICO					CRITERIO CDT				
					Cond	Aislam	Canal	$I_c$ [A]	$S_I$ [mm <sup>2</sup> ]	$L$ [m]	$c$	$\Delta V$ [%]	$S_c$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_2$ [mm <sup>2</sup> ]
ILM 1.1	RN	484	230	1	Cu	XLPE	BT	3,22	1,5	40	56	4,5%	0,44	1,5
ILM 1.2	SN	520	230	1	Cu	XLPE	BT	1,92	1,5	50	56	4,5%	0,33	1,5
ILM 1.3	TN	676	230	1	Cu	XLPE	BT	2,50	1,5	35	56	4,5%	0,30	1,5
ILM 1.4	RN	216	230	1	Cu	XLPE	BT	1,44	1,5	10	56	4,5%	0,05	1,5
EMG 1.1	TN	24	230	1	Cu	XLPE	BT	0,09	1,5	15	56	4,5%	0,00	1,5
ILM 1.5	RN	1044	230	1	Cu	XLPE	BT	6,94	1,5	50	56	4,5%	1,20	1,5
ILM 1.6	SN	696	230	1	Cu	XLPE	BT	4,63	1,5	50	56	4,5%	0,80	1,5
ILM 1.7	TN	696	230	1	Cu	XLPE	BT	4,63	1,5	50	56	4,5%	0,80	1,5
EMG 1.2	SN	36	230	1	Cu	XLPE	BT	0,13	1,5	35	56	4,5%	0,02	1,5
ILM 1.8	RN	432	230	1	Cu	XLPE	BT	2,87	1,5	50	56	4,5%	0,50	1,5
ILM 1.9	SN	864	230	1	Cu	XLPE	BT	5,75	1,5	50	56	4,5%	0,99	1,5
ILM 1.10	TN	864	230	1	Cu	XLPE	BT	5,75	1,5	50	56	4,5%	0,99	1,5
ILM 1.11	RN	432	230	1	Cu	XLPE	BT	2,87	1,5	25	56	4,5%	0,25	1,5
ILM 1.12	SN	432	230	1	Cu	XLPE	BT	2,87	1,5	25	56	4,5%	0,25	1,5
ILM 1.13	TN	432	230	1	Cu	XLPE	BT	2,87	1,5	25	56	4,5%	0,25	1,5
EMG 1.3	RN	30	230	1	Cu	XLPE	BT	0,11	1,5	30	56	4,5%	0,01	1,5



ILM 1.14	RN	216	230	1	Cu	XLPE	BT	1,44	1,5	30	56	4,5%	0,15	1,5
ILM 1.15	SN	176	230	1	Cu	XLPE	BT	0,65	1,5	35	56	4,5%	0,08	1,5
ILM 1.16	SN	176	230	1	Cu	XLPE	BT	0,65	1,5	35	56	4,5%	0,08	1,5
EMG 1.4	TN	24	230	1	Cu	XLPE	BT	0,09	1,5	30	56	4,5%	0,01	1,5
FRZ 1.1	RN	500	230	0,85	Cu	XLPE	BT	1,02	1,5	20	56	6,5%	0,04	1,5
FRZ 1.2	SN	1200	230	0,85	Cu	XLPE	BT	2,46	1,5	65	56	6,5%	0,32	1,5
FRZ 1.3	TN	1200	230	0,85	Cu	XLPE	BT	2,46	1,5	50	56	6,5%	0,25	1,5
FRZ 1.4	TN	500	230	0,85	Cu	XLPE	BT	1,02	1,5	30	56	6,5%	0,06	1,5
ORD 1.1	RN	1500	230	0,85	Cu	XLPE	BT	6,91	1,5	30	56	6,5%	0,42	1,5
FRZ 1.5	RST	4000	400	0,7	Cu	XLPE	BT	10,72	1,5	2	56	6,5%	0,02	1,5
FRZ 1.6	SN	700	230	0,8	Cu	XLPE	BT	2,28	1,5	10	56	6,5%	0,04	1,5
FRZ 1.7	RN	20	230	0,95	Cu	XLPE	BT	0,05	1,5	15	56	6,5%	0,00	1,5
		18090						78,35						
		<b>13567,5*</b>						<b>58,76*</b>						

\* Con un factor de simultaneidad  $k_s$  de 0,75



### C.S.2: Primera Planta Oficinas

Circuito	Fase	$P_c$ [W]	$V$ [V]	$\cos \varphi$	CRITERIO TÉRMICO					CRITERIO CDT				
					Cond	Aislam	Canal	$I_c$ [A]	$S_I$ [mm <sup>2</sup> ]	$L$ [m]	$c$	$\Delta V$ [%]	$S_c$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_2$ [mm <sup>2</sup> ]
ILM 2.1	RN	1728	230	1	Cu	XLPE	BT	11,49	1,5	15	56	4,5%	0,59	1,5
ILM 2.2	SN	432	230	1	Cu	XLPE	BT	2,87	1,5	25	56	4,5%	0,25	1,5
ILM 2.3	TN	648	230	1	Cu	XLPE	BT	4,31	1,5	25	56	4,5%	0,37	1,5
EMG 2.1	SN	66	230	1	Cu	XLPE	BT	0,24	1,5	35	56	4,5%	0,03	1,5
ILM 2.4	SN	792	230	1	Cu	XLPE	BT	5,27	1,5	50	56	4,5%	0,91	1,5
ILM 2.5	TN	792	230	1	Cu	XLPE	BT	5,27	1,5	50	56	4,5%	0,91	1,5
ILM 2.6	RN	88	230	1	Cu	XLPE	BT	0,33	1,5	10	56	4,5%	0,01	1,5
ILM 2.7	RN	88	230	1	Cu	XLPE	BT	0,33	1,5	5	56	4,5%	0,01	1,5
ILM 2.8	RN	432	230	1	Cu	XLPE	BT	2,87	1,5	30	56	4,5%	0,30	1,5
ILM 2.9	SN	432	230	1	Cu	XLPE	BT	2,87	1,5	30	56	4,5%	0,30	1,5
ILM 2.10	TN	432	230	1	Cu	XLPE	BT	2,87	1,5	30	56	4,5%	0,30	1,5
EMG 2.2	RN	6	230	1	Cu	XLPE	BT	0,02	1,5	20	56	4,5%	0,00	1,5
ILM 2.11	SN	432	230	1	Cu	XLPE	BT	2,87	1,5	15	56	4,5%	0,15	1,5
ILM 2.12	RN	648	230	1	Cu	XLPE	BT	4,31	1,5	15	56	4,5%	0,22	1,5
ILM 2.13	TN	648	230	1	Cu	XLPE	BT	4,31	1,5	15	56	4,5%	0,22	1,5
ILM 2.14	SN	864	230	1	Cu	XLPE	BT	5,75	1,5	20	56	4,5%	0,40	1,5
ILM 2.15	RN	864	230	1	Cu	XLPE	BT	5,75	1,5	15	56	4,5%	0,30	1,5
ILM 2.16	SN	864	230	1	Cu	XLPE	BT	5,75	1,5	15	56	4,5%	0,30	1,5
ILM 2.17	TN	864	230	1	Cu	XLPE	BT	5,75	1,5	15	56	4,5%	0,30	1,5

2. Cálculos





EMG 2.3	TN	42	230	1	Cu	XLPE	BT	0,16	1,5	30	56	4,5%	0,02	1,5
ILM 2.18	RN	432	230	1	Cu	XLPE	BT	2,87	1,5	20	56	4,5%	0,20	1,5
ILM 2.19	SN	432	230	1	Cu	XLPE	BT	2,87	1,5	20	56	4,5%	0,20	1,5
ILM 2.20	TN	864	230	1	Cu	XLPE	BT	5,75	1,5	10	56	4,5%	0,20	1,5
EMG 2.4	RN	18	230	1	Cu	XLPE	BT	0,07	1,5	20	56	4,5%	0,00	1,5
FRZ 2.1	SN	600	230	0,85	Cu	XLPE	BT	1,23	1,5	30	56	6,5%	0,07	1,5
FRZ 2.2	TN	3000	230	0,75	Cu	XLPE	BT	12,17	1,5	30	56	6,5%	0,65	1,5
FRZ 2.3	RN	2200	230	0,8	Cu	XLPE	BT	8,37	1,5	30	56	6,5%	0,48	1,5
FRZ 2.4	RN	600	230	0,85	Cu	XLPE	BT	1,23	1,5	30	56	6,5%	0,07	1,5
FRZ 2.5	RN	1500	230	0,85	Cu	XLPE	BT	3,07	1,5	70	56	6,5%	0,44	1,5
FRZ 2.6	SN	1000	230	0,85	Cu	XLPE	BT	2,05	1,5	30	56	6,5%	0,12	1,5
ORD 2.1	SN	1500	230	0,85	Cu	XLPE	BT	6,91	1,5	15	56	6,5%	0,21	1,5
ORD 2.2	TN	1500	230	0,85	Cu	XLPE	BT	6,91	1,5	30	56	6,5%	0,42	1,5
		24808							126,88					
		<b>18606*</b>							<b>95,16*</b>					

\* Con un factor de simultaneidad  $k_s$  de 0,75



### C.S.3: Segunda Planta Oficinas

Circuito	Fase	$P_c$ [W]	$V$ [V]	$\cos \phi$	CRITERIO TÉRMICO					CRITERIO CDT				
					Cond	Aislam	Canal	$I_c$ [A]	$S_1$ [mm <sup>2</sup> ]	$L$ [m]	$c$	$\Delta V$ [%]	$S_c$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_2$ [mm <sup>2</sup> ]
ILM 3.1	RN	1296	230	1	Cu	XLPE	BT	8,62	1,5	50	56	4,5%	1,49	1,5
ILM 3.2	SN	1296	230	1	Cu	XLPE	BT	8,62	1,5	50	56	4,5%	1,49	1,5
ILM 3.3	TN	1296	230	1	Cu	XLPE	BT	8,62	1,5	50	56	4,5%	1,49	1,5
EMG 3.1	SN	33	230	1	Cu	XLPE	BT	0,12	1,5	15	56	6,5%	0,00	1,5
ILM 3.4	RN	1296	230	1	Cu	XLPE	BT	8,62	1,5	50	56	4,5%	1,49	1,5
ILM 3.5	SN	648	230	1	Cu	XLPE	BT	4,31	1,5	50	56	4,5%	0,74	1,5
ILM 3.6	TN	648	230	1	Cu	XLPE	BT	4,31	1,5	50	56	4,5%	0,74	1,5
EMG 3.2	TN	24	230	1	Cu	XLPE	BT	0,09	1,5	30	56	6,5%	0,01	1,5
ILM 3.7	SN	88	230	1	Cu	XLPE	BT	0,33	1,5	10	56	4,5%	0,01	1,5
ILM 3.8	SN	88	230	1	Cu	XLPE	BT	0,33	1,5	5	56	4,5%	0,01	1,5
EMG 3.3	RN	12	230	1	Cu	XLPE	BT	0,04	1,5	10	56	6,5%	0,00	1,5
FRZ 3.1	RN	1500	230	0,85	Cu	XLPE	BT	3,07	1,5	55	56	6,5%	0,34	1,5
FRZ 3.2	SN	1500	230	0,85	Cu	XLPE	BT	3,07	1,5	40	56	6,5%	0,25	1,5
FRZ 3.3	TN	500	230	0,85	Cu	XLPE	BT	1,02	1,5	10	56	6,5%	0,02	1,5
ORD 3.1	TN	1500	230	0,85	Cu	XLPE	BT	6,91	1,5	15	56	6,5%	0,21	1,5
		11725						58,08						
		<b>8793,8*</b>						<b>43,56*</b>						

\* Con un factor de simultaneidad  $k_s$  de 0,75

**C.S.4: Taller**

Circuito	Fase	$P_c$ [W]	$V$ [V]	$\cos \varphi$	CRITERIO TÉRMICO					CRITERIO CDT				
					Cond	Aislam	Canal	$I_c$ [A]	$S_I$ [mm <sup>2</sup> ]	$L$ [m]	$c$	$\Delta V$ [%]	$S_c$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_2$ [mm <sup>2</sup> ]
ILM 4.1	RN	2400	230	1	Cu	XLPE	BT y B	8,87	1,5	100	56	4,5%	3,06	4
ILM 4.2	TN	3200	230	1	Cu	XLPE	BT y B	11,83	1,5	60	56	4,5%	2,45	4
ILM 4.3	RN	2000	230	1	Cu	XLPE	BT y B	7,39	1,5	60	56	4,5%	1,53	2,5
ILM 4.4	SN	3200	230	1	Cu	XLPE	BT y B	11,83	1,5	50	56	4,5%	2,04	2,5
ILM 4.5	SN	3200	230	1	Cu	XLPE	BT y B	11,83	1,5	50	56	4,5%	2,04	2,5
ILM 4.6	RN	2800	230	1	Cu	XLPE	BT y B	10,35	1,5	60	56	4,5%	2,14	2,5
ILM 4.7	TN	4000	230	1	Cu	XLPE	BT y B	14,78	1,5	60	56	4,5%	3,06	4
ILM 4.8	RN	648	230	1	Cu	XLPE	BT y B	2,39	1,5	25	56	4,5%	0,21	1,5
ILM 4.9	SN	1350	230	1	Cu	XLPE	S	4,99	6	120	56	4,5%	2,07	2,5
ILM 4.10	TN	1600	230	1	Cu	XLPE	S	5,91	6	80	56	4,5%	1,63	2,5
ILM 4.11	RN	2500	230	1	Cu	XLPE	BT y B	9,24	1,5	40	56	4,5%	1,28	1,5
ILM 4.12	SN	2500	230	1	Cu	XLPE	BT y B	9,24	1,5	50	56	4,5%	1,59	2,5
ILM 4.13	TN	2500	230	1	Cu	XLPE	BT y B	9,24	1,5	60	56	4,5%	1,91	2,5
EMG 4.1	RN	64	230	1	Cu	XLPE	BT y B	0,24	1,5	60	56	4,5%	0,05	1,5
EMG 4.2	SN	64	230	1	Cu	XLPE	BT y B	0,24	1,5	60	56	4,5%	0,05	1,5
EMG 4.3	TN	38	230	1	Cu	XLPE	BT y B	0,14	1,5	40	56	4,5%	0,02	1,5
FRZ 4.1	RST	4500	400	0,8	Cu	XLPE	BT y B	10,15	1,5	10	56	6,5%	0,10	1,5
FRZ 4.2	RST	3200	400	0,8	Cu	XLPE	BT y B	7,22	1,5	10	56	6,5%	0,07	1,5
FRZ 4.3	RST	10500	400	0,85	Cu	XLPE	BT y B	17,83	1,5	70	56	6,5%	1,26	1,5

2. Cálculos



FRZ 4.4	RST	7500	400	0,85	Cu	XLPE	BT y B	12,74	1,5	40	56	6,5%	0,52	1,5
FRZ 4.5	RST	7500	400	0,85	Cu	XLPE	BT y B	12,74	1,5	40	56	6,5%	0,52	1,5
FRZ 4.6	RST	9000	400	0,85	Cu	XLPE	BT y B	15,28	1,5	60	56	6,5%	0,93	1,5
FRZ 4.7	RST	9000	400	0,85	Cu	XLPE	BT y B	15,28	1,5	65	56	6,5%	1,00	1,5
FRZ 4.8	RN	2000	230	0,75	Cu	XLPE	BT y B	14,49	1,5	30	56	6,5%	0,78	1,5
FRZ 4.9	RN	2000	230	0,75	Cu	XLPE	BT y B	14,49	1,5	50	56	6,5%	1,30	1,5
FRZ 4.10	SN	2000	230	0,75	Cu	XLPE	BT y B	14,49	1,5	30	56	6,5%	0,78	1,5
FRZ 4.11	SN	2000	230	0,75	Cu	XLPE	BT y B	14,49	1,5	50	56	6,5%	1,30	1,5
FRZ 4.12	SN	1000	230	0,8	Cu	XLPE	S	4,76	6	20	56	6,5%	0,18	1,5
FRZ 4.13	SN	500	230	0,8	Cu	XLPE	S	2,04	6	70	56	6,5%	0,27	1,5
FRZ 4.14	SN	20	230	0,95	Cu	XLPE	S	0,05	6	70	56	6,5%	0,01	1,5
FRZ 4.15	SN	100	230	0,95	Cu	XLPE	BT y B	0,27	1,5	60	56	6,5%	0,04	1,5
FRZ 4.16	RST	20000	400	0,87	Cu	XLPE	BT y B	41,48	6	80	56	6,5%	3,43	4
		112884						316,30						
		<b>84663*</b>						<b>237,23*</b>						

\* Con un factor de simultaneidad  $k_s$  de 0,75



### C.S.5: Maquinaria

Circuito	Fase	$P_c$ [W]	$V$ [V]	$\cos \varphi$	CRITERIO TÉRMICO					CRITERIO CDT				
					Cond	Aislam	Canal	$I_c$ [A]	$S_I$ [mm <sup>2</sup> ]	$L$ [m]	$c$	$\Delta V$ [%]	$S_c$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_2$ [mm <sup>2</sup> ]
FRZ 5.1	RST	22000	400	0,6	Cu	XLPE	BT y B	66,15	16	40	56	6,5%	1,89	2,5
FRZ 5.2	RST	1500	400	0,6	Cu	XLPE	BT y B	4,51	1,5	40	56	6,5%	0,13	1,5
FRZ 5.3	RST	5000	400	0,8	Cu	XLPE	BT y B	11,28	1,5	30	56	6,5%	0,32	1,5
FRZ 5.4	RST	4800	400	0,8	Cu	XLPE	BT y B	10,83	1,5	35	56	6,5%	0,36	1,5
FRZ 5.5	RST	1600	400	0,75	Cu	XLPE	BT y B	3,85	1,5	35	56	6,5%	0,12	1,5
FRZ 5.6	RST	1500	400	0,8	Cu	XLPE	BT y B	3,38	1,5	30	56	6,5%	0,10	1,5
FRZ 5.7	RST	5500	400	0,8	Cu	XLPE	BT y B	12,40	1,5	30	56	6,5%	0,35	1,5
FRZ 5.8	RST	6600	400	0,75	Cu	XLPE	BT y B	15,88	1,5	30	56	6,5%	0,42	1,5
FRZ 5.9	RST	900	400	0,8	Cu	XLPE	BT y B	2,03	1,5	30	56	6,5%	0,06	1,5
FRZ 5.10	RST	5500	400	0,8	Cu	XLPE	BT y B	12,40	1,5	25	56	6,5%	0,30	1,5
FRZ 5.11	TN	500	230	0,8	Cu	XLPE	BT y B	2,38	1,5	45	56	6,5%	0,20	1,5
FRZ 5.12	RST	1000	400	0,8	Cu	XLPE	BT y B	1,58	1,5	45	56	6,5%	0,07	1,5
FRZ 5.13	RST	2600	400	0,7	Cu	XLPE	BT y B	6,70	1,5	25	56	6,5%	0,14	1,5
		59000						153,37						
		<b>44250*</b>						<b>115,03*</b>						

\* Con un factor de simultaneidad  $k_s$  de 0,75

**C.S.6: Almacén**

Circuito	Fase	$P_c$ [W]	$V$ [V]	$\cos \varphi$	CRITERIO TÉRMICO					CRITERIO CDT				
					Cond	Aislam	Canal	$I_c$ [A]	$S_I$ [mm <sup>2</sup> ]	$L$ [m]	$c$	$\Delta V$ [%]	$S_c$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_2$ [mm <sup>2</sup> ]
ILM 6.1	RN	2000	230	1	Cu	XLPE	BT y B	7,39	1,5	50	56	4,5%	1,28	2,5
ILM 6.2	SN	2000	230	1	Cu	XLPE	BT y B	7,39	1,5	50	56	4,5%	1,28	2,5
ILM 6.3	TN	2000	230	1	Cu	XLPE	BT y B	7,39	1,5	50	56	4,5%	1,28	2,5
EMG 6.1	SN	58	230	1	Cu	XLPE	BT y B	0,21	1,5	60	56	6,5%	0,03	1,5
FRZ 6.1	RST	9000	400	0,85	Cu	XLPE	BT y B	15,28	1,5	90	56	6,5%	1,39	1,5
FRZ 6.2	RST	1000	400	0,8	Cu	XLPE	BT y B	1,58	1,5	5	56	6,5%	0,01	1,5
FRZ 6.3	RST	1000	400	0,8	Cu	XLPE	BT y B	1,58	1,5	30	56	6,5%	0,05	1,5
		17058						40,83						
		<b>12793,5*</b>						<b>30,62*</b>						

\* Con un factor de simultaneidad  $k_s$  de 0,75

**C.G.D.**

Circuito	Fase	$P_c$ [W]	$V$ [V]	$\cos \phi$	CRITERIO TÉRMICO					CRITERIO CDT				
					Cond	Aislam	Canal	$I_c$ [A]	$S_1$ [mm <sup>2</sup> ]	$L$ [m]	$c$	$\Delta V$ [%]	$S_c$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_2$ [mm <sup>2</sup> ]
C.S.1	RST	13567,5	400	-	Cu	XLPE	BT y B	58,76	25	58	56	6,5%	1,51	4
C.S.2	RST	18606,0	400	-	Cu	XLPE	BT y B	95,16	70	62	56	6,5%	2,18	4
C.S.3	RST	8793,8	400	-	Cu	XLPE	BT y B	43,56	16	66	56	6,5%	1,09	2,5
C.S.4	RST	84663,0	400	-	Cu	XLPE	BT y B	237,23	185	20	56	6,5%	3,01	6
C.S.5	RST	44250,0	400	-	Cu	XLPE	BT y B	115,03	50	5	56	6,5%	0,47	1,5
C.S.6	RST	12793,5	400	-	Cu	XLPE	BT y B	30,62	10	90	56	6,5%	1,84	4
		182673,8						580,36						
		<b>164406*</b>						<b>522,32*</b>						

\* Con un factor de simultaneidad  $k_s$  de 0,9



A continuación se resume en las siguientes tablas la sección de los conductores. Con objeto de cumplir con lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión o debido al cálculo de protecciones, se han modificado alguna de las secciones de los cables.

Algunas de las secciones han sido aumentadas debido a necesidades en el cálculo de las protecciones o a lo prescrito en la ITC-BT-25 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

### **C.S.1: Planta Baja Oficinas**

<i>Circuito</i>	<i>Fase</i>	$S_F$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_N$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_{CP}$ [mm <sup>2</sup> ]	<i>Denominación</i>	$\Delta V$ [%]	$\Delta VT$ [%]	$\varnothing$ tubo [mm]
ILM 1.1	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	1,33	2,16	16
ILM 1.2	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,99	1,82	16
ILM 1.3	TN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,91	1,73	16
ILM 1.4	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,15	0,98	16
EMG 1.1	TN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,01	0,84	16
ILM 1.5	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	3,59	4,42	16
ILM 1.6	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	2,40	3,23	16
ILM 1.7	TN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	2,40	3,23	16
EMG 1.2	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,05	0,88	16
ILM 1.8	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	1,49	2,32	16
ILM 1.9	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	2,97	3,80	16





ILM 1.10	TN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	2,97	3,80	16
ILM 1.11	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,74	1,57	16
ILM 1.12	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,74	1,57	16
ILM 1.13	TN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,74	1,57	16
EMG 1.3	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,03	0,86	16
ILM 1.14	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,45	1,27	16
ILM 1.15	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,24	1,06	16
ILM 1.16	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,24	1,06	16
EMG 1.4	TN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,03	0,86	16
FRZ 1.1	RN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	0,11	0,94	20
FRZ 1.2	SN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	0,84	1,67	20
FRZ 1.3	TN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	0,65	1,48	20
FRZ 1.4	TN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	0,16	0,99	20
ORD 1.1	RN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	1,09	1,92	20
FRZ 1.5	RST	2,5	2,5	2,5	5G2,5	0,05	0,87	20
FRZ 1.6	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,19	1,02	16
FRZ 1.7	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,01	0,84	16



### C.S.2: Primera Planta Oficinas

<i>Circuito</i>	<i>Fase</i>	$S_F$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_N$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_{CP}$ [mm <sup>2</sup> ]	<i>Denominación</i>	$\Delta V$ [%]	$\Delta V_T$ [%]	$\varnothing$ tubo [mm]
ILM 2.1	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	1,78	2,57	16
ILM 2.2	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,74	1,53	16
ILM 2.3	TN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	1,12	1,90	16
EMG 2.1	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,09	0,87	16
ILM 2.4	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	2,73	3,51	16
ILM 2.5	TN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	2,73	3,51	16
ILM 2.6	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,03	0,82	16
ILM 2.7	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,02	0,80	16
ILM 2.8	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,89	1,68	16
ILM 2.9	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,89	1,68	16
ILM 2.10	TN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,89	1,68	16
EMG 2.2	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,00	0,79	16
ILM 2.11	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,45	1,23	16
ILM 2.12	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,67	1,45	16
ILM 2.13	TN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,67	1,45	16
ILM 2.14	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	1,19	1,97	16



ILM 2.15	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,89	1,68	16
ILM 2.16	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,89	1,68	16
ILM 2.17	TN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,89	1,68	16
EMG 2.3	TN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,05	0,83	16
ILM 2.18	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,59	1,38	16
ILM 2.19	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,59	1,38	16
ILM 2.20	TN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,59	1,38	16
EMG 2.4	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,01	0,80	16
FRZ 2.1	SN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	0,19	0,98	20
FRZ 2.2	TN	6	6	6	3G6	0,71	1,49	25
FRZ 2.3	RN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	1,25	2,03	20
FRZ 2.4	RN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	0,19	0,98	20
FRZ 2.5	RN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	1,13	1,92	20
FRZ 2.6	SN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	0,32	1,11	20
ORD 2.1	SN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	0,55	1,33	20
ORD 2.2	TN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	1,09	1,88	20



### C.S.3: Segunda Planta Oficinas

<i>Circuito</i>	<i>Fase</i>	$S_F$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_N$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_{CP}$ [mm <sup>2</sup> ]	<i>Denominación</i>	$\Delta V$ [%]	$\Delta V_T$ [%]	$\varnothing$ tubo [mm]
ILM 3.1	RN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	2,68	4,08	20
ILM 3.2	SN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	2,68	4,08	20
ILM 3.3	TN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	2,68	4,08	20
EMG 3.1	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,02	1,42	16
ILM 3.4	RN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	2,68	4,08	20
ILM 3.5	SN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	1,34	2,74	20
ILM 3.6	TN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	1,34	2,74	20
EMG 3.2	TN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,03	1,43	16
ILM 3.7	SN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	0,02	1,42	20
ILM 3.8	SN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	0,01	1,41	20
EMG 3.3	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,00	1,41	16
FRZ 3.1	RN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	0,89	2,29	20
FRZ 3.2	SN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	0,65	2,05	20
FRZ 3.3	TN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	0,05	1,46	20
ORD 3.1	TN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	0,55	1,95	20

**C.S.4: Taller**

<i>Circuito</i>	<i>Fase</i>	$S_F$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_N$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_{CP}$ [mm <sup>2</sup> ]	<i>Denominación</i>	$\Delta V$ [%]	$\Delta V_T$ [%]	$\varnothing$ tubo [mm]
ILM 4.1	RN	4	4	4	3G4	3,44	3,87	20
ILM 4.2	TN	4	4	4	3G4	2,75	3,18	20
ILM 4.3	RN	4	4	4	3G4	1,72	2,14	20
ILM 4.4	SN	4	4	4	3G4	2,30	2,72	20
ILM 4.5	SN	4	4	4	3G4	2,30	2,72	20
ILM 4.6	RN	4	4	4	3G4	2,41	2,83	20
ILM 4.7	TN	4	4	4	3G4	3,44	3,87	20
MAN 4.1	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	-	-	-
ILM 4.8	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,62	1,04	16
ILM 4.9	SN	6	6	6	3G6	1,55	1,97	50
ILM 4.10	TN	6	6	6	3G6	1,22	1,65	50
MAN 4.2	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	-	-	-
ILM 4.11	RN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	2,30	2,72	20
ILM 4.12	SN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	2,87	3,29	20
ILM 4.13	TN	2,5	2,5	2,5	3G2,5	3,44	3,87	20
MAN 4.3	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	-	-	-



EMG 4.1	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,15	0,57	16
EMG 4.2	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,15	0,57	16
EMG 4.3	TN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,06	0,48	16
FRZ 4.1	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	0,42	0,84	20
FRZ 4.2	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	0,30	0,72	20
FRZ 4.3	RST	2,5	2,5	2,5	5G2,5	3,28	3,70	20
FRZ 4.4	RST	2,5	2,5	2,5	5G2,5	1,34	1,76	20
FRZ 4.5	RST	2,5	2,5	2,5	5G2,5	1,34	1,76	20
FRZ 4.6	RST	2,5	2,5	2,5	5G2,5	2,41	2,83	20
FRZ 4.7	RST	2,5	2,5	2,5	5G2,5	2,61	3,03	20
FRZ 4.8	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	3,38	3,80	16
FRZ 4.9	RN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	5,63	6,05	16
FRZ 4.10	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	3,38	3,80	16
FRZ 4.11	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	5,63	6,05	16
FRZ 4.12	SN	6	6	6	3G6	0,20	0,62	50
FRZ 4.13	SN	6	6	6	3G6	0,30	0,72	50
FRZ 4.14	SN	6	6	6	3G6	0,01	0,43	50
FRZ 4.15	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,16	0,58	16
FRZ 4.16	RST	10	10	10	5G10	2,23	2,65	32



### C.S.5: Maquinaria

<i>Circuito</i>	<i>Fase</i>	$S_F$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_N$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_{CP}$ [mm <sup>2</sup> ]	<i>Denominación</i>	$\Delta V$ [%]	$\Delta VT$ [%]	$\varnothing$ tubo [mm]
FRZ 5.1	RST	16	16	16	5G16	0,77	1,05	40
FRZ 5.2	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	0,56	0,84	20
FRZ 5.3	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	1,40	1,67	20
FRZ 5.4	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	1,56	1,84	20
FRZ 5.5	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	0,52	0,80	20
FRZ 5.6	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	0,42	0,70	20
FRZ 5.7	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	1,53	1,81	20
FRZ 5.8	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	1,84	2,12	20
FRZ 5.9	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	0,25	0,53	20
FRZ 5.10	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	1,28	1,56	20
FRZ 5.11	TN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,89	1,16	16
FRZ 5.12	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	0,29	0,57	20
FRZ 5.13	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	0,60	0,88	20

**C.S.6: Almacén**

<i>Circuito</i>	<i>Fase</i>	$S_F$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_N$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_{CP}$ [mm <sup>2</sup> ]	<i>Denominación</i>	$\Delta V$ [%]	$\Delta VT$ [%]	$\varnothing$ tubo [mm]
ILM 6.1	RN	4	4	4	3G4	1,43	2,40	20
ILM 6.2	SN	4	4	4	3G4	1,43	2,40	20
ILM 6.3	TN	4	4	4	3G4	1,43	2,40	20
MAN 6.1	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	-	-	-
EMG 6.1	SN	1,5	1,5	2,5	2x1,5 + 1G2,5	0,13	1,10	16
FRZ 6.1	RST	2,5	2,5	2,5	5G2,5	3,62	4,58	20
FRZ 6.2	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	0,03	1,00	20
FRZ 6.3	RST	1,5	1,5	2,5	4x1,5 + 1G2,5	0,20	1,16	20

**C.G.D.**

<i>Circuito</i>	<i>Fase</i>	$S_F$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_N$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_{CP}$ [mm <sup>2</sup> ]	<i>Denominación</i>	$\Delta V$ [%]	$\Delta VT$ [%]	$\varnothing$ tubo [mm]
C.S.1	RST	16	16	16	5G16	0,61	0,83	40
C.S.2	RST	25	25	16	4x25 + 1G16	0,57	0,78	50
C.S.3	RST	6	6	6	5G6	1,19	1,40	25
C.S.4	RST	95	95	50	4x95 + 1G50	0,21	0,42	75
C.S.5	RST	50	50	25	4x50 + 1G25	0,06	0,28	63
C.S.6	RST	16	16	16	5G16	0,75	0,97	40





## 2.4. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

El cálculo de las corrientes de cortocircuito se hace indispensable para poder conocer las características de los dispositivos de protección necesarios de la instalación. Para calcular las intensidades de cortocircuito seguiremos el método de las impedancias que a continuación se desarrolla.

### 2.4.1. Cálculo de impedancias

#### Impedancia de la red de M.T.

Esta impedancia representa la línea de media que llega a nuestro transformador. La potencia de cortocircuito de la red es un dato de la compañía distribuidora de energía. En este caso será de 400MVA.

Despreciando la resistencia frente a la reactancia se puede calcular la impedancia de la red aguas arriba llevada al secundario del transformador. A continuación habrá que referir dicha impedancia a Baja Tensión.

$$Z_{R(M.T.)} \approx X_{R(M.T.)} = \frac{U_{M.T.}^2}{S_{cc}} = \frac{(13200V)^2}{400000VA} = (0,4356j)\Omega$$

$$Z_{R(B.T.)} \approx X_{R(B.T.)} = X_{R(M.T.)} \cdot \left( \frac{U_{B.T.}}{U_{M.T.}} \right)^2 = (0,4356j)\Omega \cdot \left( \frac{400V}{13200V} \right)^2 = (0,0004j)\Omega$$

Donde:

- $Z_{R(M.T.)}$  = Impedancia de la red en Media Tensión [ $\Omega$ ]
- $Z_{R(B.T.)}$  = Impedancia de la red en Baja Tensión [ $\Omega$ ]
- $X_{R(M.T.)}$  = Reactancia de la red en Media Tensión [ $\Omega$ ]
- $X_{R(B.T.)}$  = Reactancia de la red en Baja Tensión [ $\Omega$ ]
- $U_{M.T.}$  = Tensión de la red de Media Tensión [V]
- $U_{B.T.}$  = Tensión de la red de Baja Tensión [V]



- $S_{cc}$  = Potencia de cortocircuito de la red de Media Tensión [MVA]

### Impedancia del transformador

Esta impedancia representa al transformador de distribución. Para el cálculo aproximado, se puede igualmente despreciar la resistencia debida a las pérdidas en el cobre según la relación:

$$Z_T \approx X_T = U_{cc} \cdot \frac{U^2}{S_n} = 4\% \cdot \frac{(400)^2}{400000VA} = (0,0160j)\Omega$$

Donde:

- $Z_T$  = Impedancia del transformador [ $\Omega$ ]
- $X_T$  = Reactancia del transformador [ $\Omega$ ]
- $U$  = Tensión entre fases de la red de Baja Tensión [V]
- $S_n$  = Potencia nominal del transformador [VA]
- $U_{cc}$  = Tensión de cortocircuito del transformador [%]

	$U_{cc}$
$S_n \leq 630 \text{ KVA}$	4%
$630 \text{ KVA} \leq S_n \leq 800 \text{ KVA}$	4,5%
$800 \text{ KVA} \leq S_n \leq 1000 \text{ KVA}$	5%
$1000 \text{ KVA} \leq S_n \leq 1600 \text{ KVA}$	6%

### Impedancia de las líneas

Esta impedancia representa a los conductores de la instalación. La impedancia de los conductores en régimen permanente se calcula según la siguiente fórmula:

$$Z_L(\theta_p) \approx R_L(\theta_p) = \rho \cdot \frac{L}{S}$$



Donde:

- $Z_L$  = Impedancia de la línea [ $\Omega$ ]
- $R_L$  = Resistencia de la línea [ $\Omega$ ]
- $\rho$  = Resistividad del material [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]. La resistividad para un conductor de Cu a 20°C es de 0,018  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  y para un conductor de Al a 20°C es de 0,028  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ .
- $L$  = Longitud del conductor [m]
- $S$  = Sección de los conductores de fase [ $\text{mm}^2$ ]
- $\theta_p$  = Temperatura en régimen permanente [ $^\circ\text{C}$ ] = 20°C

En ocasiones es necesario calcular la impedancia de los conductores a la temperatura de cortocircuito. Podremos hallar dicha impedancia a partir de la ya calculada en régimen permanente.

$$Z_L(\theta_{cc}) = Z_L(\theta_p) \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$\Delta T = (\theta_{cc} - \theta_p)$$

Donde:

- $Z_L(\theta_{cc})$  = Impedancia de la línea a la temperatura de cortocircuito [ $\Omega$ ]
- $Z_L(\theta_p)$  = Impedancia de la línea en régimen permanente [ $\Omega$ ]
- $\alpha = 4 \cdot 10^{-3}$
- $\Delta T$  = Incremento de temperatura [ $^\circ\text{C}$ ]
- $\theta_p$  = Temperatura en régimen permanente [ $^\circ\text{C}$ ] = 20°C
- $\theta_{cc}$  = Temperatura de cortocircuito [ $^\circ\text{C}$ ]. Se rige por la siguiente tabla recogida en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.



Tipo de aislamiento seco	Temperatura máxima [°C]	
	Servicio permanente	Cortocircuito $t \leq 5 \text{ s}$
PVC		
$S \leq 300 \text{ mm}^2$	70	160
$S > 300 \text{ mm}^2$	70	140
XLPE	90	250
EPR	90	250

### **Impedancia de la aparamenta**

Esta impedancia representa la de los automatismos (protecciones, relés, bobinas...) que se encuentran aguas arriba del punto a calcular. El valor de la impedancia de cada automatismo es de  $0,15j \text{ m}\Omega$ .

En el número de automatismos se incluye el que se está calculando.

$$Z_{ap} \approx X_{ap} = n \cdot (0,00015j) \Omega$$

Donde:

- $Z_{ap}$  = Impedancia de la aparamenta [ $\Omega$ ]
- $X_{ap}$  = Reactancia de la aparamenta [ $\Omega$ ]
- $n$  = Número de automatismos.

### **Impedancia directa**

Para calcular la impedancia directa, se deben tener en cuenta todas aquellas impedancias que existen desde la red de Media Tensión hasta el punto de cálculo de la intensidad de cortocircuito.



La impedancia directa podemos calcularla mediante la siguiente expresión:

$$Z_d = Z_{R(M.T.)} + Z_T + \sum Z_L(\theta) + Z_{ap}$$

Donde:

- $Z_d$  = Impedancia directa [ $\Omega$ ]
- $Z_{R(B.T.)}$  = Impedancia de la red en Baja Tensión [ $\Omega$ ]
- $Z_T$  = Impedancia del transformador [ $\Omega$ ]
- $Z_{ap}$  = Impedancia de la aparamenta [ $\Omega$ ]
- $Z_L(\theta)$  = Impedancia de la línea en régimen permanente (para el cálculo de la intensidad de cortocircuito máxima) o a la temperatura de cortocircuito (para el cálculo de la corriente de cortocircuito mínima) [ $\Omega$ ].

### **Impedancia homopolar**

Al igual que para calcular la impedancia directa, para calcular la impedancia homopolar se deben tener en cuenta todas aquellas impedancias que existen desde la red de Media Tensión hasta el punto de cálculo de la intensidad de cortocircuito.

Las expresiones necesarias para el cálculo de la impedancia homopolar son las siguientes:

$$Z_o = Z_{Ro(B.T.)} + Z_{To} + \sum Z_{Lo}(\theta_{cc}) + Z_{apo}$$

Donde:

- $Z_o$  = Impedancia homopolar [ $\Omega$ ]
- $Z_{Ro(B.T.)}$  = Impedancia homopolar de la red en Baja Tensión [ $\Omega$ ]
- $Z_{To}$  = Impedancia homopolar del transformador [ $\Omega$ ]
- $Z_{Lo}(\theta_{cc})$  = Impedancia homopolar de la línea a la temperatura de cortocircuito [ $\Omega$ ]
- $Z_{apo}$  = Impedancia homopolar de la aparamenta [ $\Omega$ ]



Las diferentes impedancias homopolares se calculan a partir de las halladas anteriormente siguiendo las siguientes expresiones:

$$Z_{Ro(B.T.)} = 0$$

$$Z_{To} = Z_T$$

$$Z_{Lo}(\theta_{cc}) = 3 \cdot Z_L(\theta_{cc})$$

$$Z_{apo} = 3 \cdot Z_{ap}$$

De esta forma, la impedancia homopolar queda de la siguiente manera:

$$Z_o = Z_T + 3 \cdot \sum Z_{Lo}(\theta_{cc}) + 3 \cdot Z_{ap}$$

#### **2.4.2. Tipos de cortocircuitos**

A continuación se exponen los diferentes tipos de cortocircuitos que vamos a considerar.

##### Cortocircuito trifásico

$$I_{cc3} = I_{ccm\acute{a}x} = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot |Z_d|}$$

##### Cortocircuito bifásico

$$I_{cc2} = I_{ccm\acute{a}x} = \frac{c \cdot U}{|Z_d + Z_i|} = \frac{c \cdot U}{2 \cdot |Z_d|}$$



### Cortocircuito fase-tierra

$$I_{cc1} = I_{cc\min} = \frac{c \cdot U \cdot \sqrt{3}}{|2 \cdot Z_d + Z_o|}$$

Donde:

- U = Tensión de la red [V]
- $Z_d$  = Impedancia directa [ $\Omega$ ]
- $Z_o$  = Impedancia homopolar [ $\Omega$ ]
- c = Coeficiente que se rige por la siguiente tabla

	$I_{cc\max}$	$I_{cc\min}$
230/400 V	1	0,95
Otras tensiones	1,05	1

#### **2.4.3. Cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito**

Estas corrientes corresponden a un cortocircuito en los bornes de salida del dispositivo de protección, considerando la configuración de la red y el tipo de cortocircuito de mayor aporte. En general, en las instalaciones de baja tensión el tipo de cortocircuito de mayor aporte es el cortocircuito trifásico o el cortocircuito fase-fase.

Se utiliza para determinar el poder de corte y cierre de los dispositivos de protección y los esfuerzos térmicos y electrodinámicos en los componentes.

El valor de la corriente de cortocircuito máxima se obtiene a partir de las siguientes relaciones:



En líneas monofásicas:

$$I_{cc2} = I_{ccm\acute{a}x} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_d|}$$

En líneas trifásicas:

$$I_{cc3} = I_{ccm\acute{a}x} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_d|}$$

Donde:

- $I_{ccm\acute{a}x}$  = Corriente de cortocircuito máxima [A]
- $U_n$  = Tensión de la red [V]
- $Z_d$  = Impedancia directa por fase de la red aguas arriba del defecto [ $\Omega$ ]

**2.4.4. Cálculo de la intensidad mínima de cortocircuito**

Estas corrientes corresponden a un cortocircuito en el extremo del circuito protegido, considerando la configuración de la red y el tipo de cortocircuito de menor aporte. En las instalaciones de baja tensión los tipos de cortocircuito de menor aporte son los cortocircuitos fase-tierra.

Estas corrientes se utilizan para determinar:

- El ajuste de los dispositivos para la protección de los conductores frente a cortocircuito.
- Tipo de curva del interruptor magnetotérmico.

Esta corriente se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_{cc1} = I_{ccm\acute{i}n} = \frac{c \cdot U_n \cdot \sqrt{3}}{|2 \cdot Z_d + Z_o|}$$





Donde:

- $I_{ccmín}$  = Corriente de cortocircuito mínima [A]
- $U_n$  = Tensión de la red [V]
- $Z_d$  = Impedancia directa a la temperatura de cortocircuito [ $\Omega$ ]
- $Z_o$  = Impedancia homopolar a la temperatura de cortocircuito [ $\Omega$ ]

#### **2.4.5. Tiempo máximo que el conductor es capaz de soportar la corriente de cortocircuito**

Una vez calculada la intensidad de cortocircuito mínima, tenemos que comprobar que el conductor que está protegido por el magnetotérmico objeto de estudio es capaz de soportar la corriente de cortocircuito durante un tiempo superior al tiempo de desconexión.

$$t_{mcicc} = \frac{C_c \cdot S^2}{I_{ccmín}^2} > t_{desc} = 0,1s$$

En caso de que la condición no se cumpla, habrá que aumentar la sección del conductor y volver a realizar los cálculos.



## 2.4.6. Tabla de resultados

### C.S.1: Planta Baja Oficinas

<i>Circuito</i>	<i>Fase</i>	$Z_L(\theta_p)$ [Ω]	$Z_L(\theta_{cc})$ [Ω]	$Z_{ap}(j)$ [Ω]	$R_d(\theta_p)$ [Ω]	$X_d$ [Ω]	$ Z_d $ [Ω]	$I_{cc\text{ máx}}$ [A]	$R_d(\theta_{cc})$ [Ω]	$X_d$ [Ω]	$R_o(\theta_{cc})$ [Ω]	$X_o$ [Ω]	$ 2Z_d+Z_o $ [Ω]	$I_{cc\text{ mín}}$ [A]	$T_{mcicc}$ [s]
ILM 1.1	RN	0,4800	0,9216	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,5462	0,0172	3,1458	0,0183	4,2384	89,3	5,77
ILM 1.2	SN	0,6000	1,1520	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,6662	0,0172	3,8370	0,0183	5,1696	73,2	8,59
ILM 1.3	TN	0,4200	0,8064	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,4862	0,0172	2,8002	0,0183	3,7729	100,3	4,57
ILM 1.4	RN	0,1200	0,2304	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,1862	0,0172	1,0722	0,0183	1,4455	261,8	0,67
EMG 1.1	TN	0,1800	0,3456	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,2462	0,0172	1,4178	0,0183	1,9108	198,1	1,17
ILM 1.5	RN	0,6000	1,1520	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,6662	0,0172	3,8370	0,0183	5,1696	73,2	8,59
ILM 1.6	SN	0,6000	1,1520	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,6662	0,0172	3,8370	0,0183	5,1696	73,2	8,59
ILM 1.7	TN	0,6000	1,1520	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,6662	0,0172	3,8370	0,0183	5,1696	73,2	8,59
EMG 1.2	SN	0,4200	0,8064	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,4862	0,0172	2,8002	0,0183	3,7729	100,3	4,57
ILM 1.8	RN	0,6000	1,1520	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,6662	0,0172	3,8370	0,0183	5,1696	73,2	8,59
ILM 1.9	SN	0,6000	1,1520	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,6662	0,0172	3,8370	0,0183	5,1696	73,2	8,59
ILM 1.10	TN	0,6000	1,1520	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,6662	0,0172	3,8370	0,0183	5,1696	73,2	8,59
ILM 1.11	RN	0,3000	0,5760	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,3662	0,0172	2,1090	0,0183	2,8418	133,2	2,59
ILM 1.12	SN	0,3000	0,5760	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,3662	0,0172	2,1090	0,0183	2,8418	133,2	2,59
ILM 1.13	TN	0,3000	0,5760	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,3662	0,0172	2,1090	0,0183	2,8418	133,2	2,59
EMG 1.3	RN	0,3600	0,6912	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,4262	0,0172	2,4546	0,0183	3,3073	114,4	3,51
ILM 1.14	RN	0,3600	0,6912	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,4262	0,0172	2,4546	0,0183	3,3073	114,4	3,51



ILM 1.15	SN	0,4200	0,8064	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,4862	0,0172	2,8002	0,0183	3,7729	100,3	4,57
ILM 1.16	SN	0,4200	0,8064	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,4862	0,0172	2,8002	0,0183	3,7729	100,3	4,57
EMG 1.4	TN	0,3600	0,6912	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,4262	0,0172	2,4546	0,0183	3,3073	114,4	3,51
FRZ 1.1	RN	0,1440	0,2765	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,2102	0,0172	1,2105	0,0183	1,6316	232,0	2,38
FRZ 1.2	SN	0,4680	0,8986	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,5342	0,0172	3,0767	0,0183	4,1453	91,3	15,33
FRZ 1.3	TN	0,3600	0,6912	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,4262	0,0172	2,4546	0,0183	3,3073	114,4	9,76
FRZ 1.4	TN	0,2160	0,4147	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,2822	0,0172	1,6252	0,0183	2,1901	172,8	4,28
ORD 1.1	RN	0,2160	0,4147	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,2822	0,0172	1,6252	0,0183	2,1901	172,8	4,28
FRZ 1.5	RST	0,0144	0,0276	0,0006	0,0662	0,0170	0,0683	3381,3	0,0806	0,0170	0,4640	0,0178	0,6272	1049,4	0,12
FRZ 1.6	SN	0,1200	0,2304	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,1862	0,0172	1,0722	0,0183	1,4455	261,8	0,67
FRZ 1.7	RN	0,1800	0,3456	0,00075	0,0662	0,0172	0,0683	1682,8	0,2462	0,0172	1,4178	0,0183	1,9108	198,1	1,17



### C.S.2: 1ª Planta Oficinas

Circuito	Fase	$Z_L(\theta_p)$ [Ω]	$Z_L(\theta_{cc})$ [Ω]	$Z_{ap}(j)$ [Ω]	$R_d(\theta_p)$ [Ω]	$X_d$ [Ω]	$ Z_d $ [Ω]	$I_{cc\text{ máx}}$ [A]	$R_d(\theta_{cc})$ [Ω]	$X_d$ [Ω]	$R_o(\theta_{cc})$ [Ω]	$X_o$ [Ω]	$ 2Z_d+Z_o $ [Ω]	$I_{cc\text{ mín}}$ [A]	$T_{meicc}$ [s]
ILM 2.1	RN	0,1800	0,3456	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2255	0,0172	1,4178	0,0183	1,8696	202,4	1,12
ILM 2.2	SN	0,3000	0,5760	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,3455	0,0172	2,1090	0,0183	2,8006	135,1	2,52
ILM 2.3	TN	0,3000	0,5760	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,3455	0,0172	2,1090	0,0183	2,8006	135,1	2,52
EMG 2.1	SN	0,4200	0,8064	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,4655	0,0172	2,8002	0,0183	3,7317	101,4	4,47
ILM 2.4	SN	0,6000	1,1520	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,6455	0,0172	3,8370	0,0183	5,1284	73,8	8,45
ILM 2.5	TN	0,6000	1,1520	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,6455	0,0172	3,8370	0,0183	5,1284	73,8	8,45
ILM 2.6	RN	0,1200	0,2304	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,1655	0,0172	1,0722	0,0183	1,4043	269,5	0,63
ILM 2.7	RN	0,0600	0,1152	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,1055	0,0172	0,7266	0,0183	0,9392	403,0	0,28
ILM 2.8	RN	0,3600	0,6912	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,4055	0,0172	2,4546	0,0183	3,2661	115,9	3,43
ILM 2.9	SN	0,3600	0,6912	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,4055	0,0172	2,4546	0,0183	3,2661	115,9	3,43
ILM 2.10	TN	0,3600	0,6912	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,4055	0,0172	2,4546	0,0183	3,2661	115,9	3,43
EMG 2.2	RN	0,2400	0,4608	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2855	0,0172	1,7634	0,0183	2,3351	162,1	1,75
ILM 2.11	SN	0,1800	0,3456	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2255	0,0172	1,4178	0,0183	1,8696	202,4	1,12
ILM 2.12	RN	0,1800	0,3456	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2255	0,0172	1,4178	0,0183	1,8696	202,4	1,12
ILM 2.13	TN	0,1800	0,3456	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2255	0,0172	1,4178	0,0183	1,8696	202,4	1,12
ILM 2.14	SN	0,2400	0,4608	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2855	0,0172	1,7634	0,0183	2,3351	162,1	1,75
ILM 2.15	RN	0,1800	0,3456	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2255	0,0172	1,4178	0,0183	1,8696	202,4	1,12
ILM 2.16	SN	0,1800	0,3456	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2255	0,0172	1,4178	0,0183	1,8696	202,4	1,12
ILM 2.17	TN	0,1800	0,3456	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2255	0,0172	1,4178	0,0183	1,8696	202,4	1,12
EMG 2.3	TN	0,3600	0,6912	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,4055	0,0172	2,4546	0,0183	3,2661	115,9	3,43

2. Cálculos

94



ILM 2.18	RN	0,2400	0,4608	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2855	0,0172	1,7634	0,0183	2,3351	162,1	1,75
ILM 2.19	SN	0,2400	0,4608	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2855	0,0172	1,7634	0,0183	2,3351	162,1	1,75
ILM 2.20	TN	0,1200	0,2304	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,1655	0,0172	1,0722	0,0183	1,4043	269,5	0,63
EMG 2.4	RN	0,2400	0,4608	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2855	0,0172	1,7634	0,0183	2,3351	162,1	1,75
FRZ 2.1	SN	0,2160	0,4147	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2615	0,0172	1,6252	0,0183	2,1489	176,1	4,12
FRZ 2.2	TN	0,0900	0,1728	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,1355	0,0172	0,8994	0,0183	1,1717	323,0	7,06
FRZ 2.3	RN	0,2160	0,4147	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2615	0,0172	1,6252	0,0183	2,1489	176,1	4,12
FRZ 2.4	RN	0,2160	0,4147	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2615	0,0172	1,6252	0,0183	2,1489	176,1	4,12
FRZ 2.5	RN	0,5040	0,9677	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,5495	0,0172	3,2841	0,0183	4,3835	86,3	17,15
FRZ 2.6	SN	0,2160	0,4147	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2615	0,0172	1,6252	0,0183	2,1489	176,1	4,12
ORD 2.1	SN	0,1080	0,2074	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,1535	0,0172	1,0031	0,0183	1,3112	288,6	1,53
ORD 2.2	TN	0,2160	0,4147	0,00075	0,0455	0,0172	0,0487	2363,2	0,2615	0,0172	1,6252	0,0183	2,1489	176,1	4,12



### C.S.3: 2ª Planta Oficinas

<i>Circuito</i>	<i>Fase</i>	$Z_L(\theta_p)$ [Ω]	$Z_L(\theta_{cc})$ [Ω]	$Z_{ap}(j)$ [Ω]	$R_d(\theta_p)$ [Ω]	$X_d$ [Ω]	$ Z_d $ [Ω]	$I_{cc\text{ máx}}$ [A]	$R_d(\theta_{cc})$ [Ω]	$X_d$ [Ω]	$R_o(\theta_{cc})$ [Ω]	$X_o$ [Ω]	$ 2Z_d+Z_o $ [Ω]	$I_{cc\text{ mín}}$ [A]	$T_{meicc}$ [s]
ILM 3.1	RN	0,3600	0,6912	0,00075	0,1989	0,0172	0,1996	576,0	0,5589	0,0172	2,4546	0,0183	3,5728	105,9	11,39
ILM 3.2	SN	0,3600	0,6912	0,00075	0,1989	0,0172	0,1996	576,0	0,5589	0,0172	2,4546	0,0183	3,5728	105,9	11,39
ILM 3.3	TN	0,3600	0,6912	0,00075	0,1989	0,0172	0,1996	576,0	0,5589	0,0172	2,4546	0,0183	3,5728	105,9	11,39
EMG 3.1	SN	0,1800	0,3456	0,00075	0,1989	0,0172	0,1996	576,0	0,3789	0,0172	1,4178	0,0183	2,1763	173,9	1,52
ILM 3.4	RN	0,3600	0,6912	0,00075	0,1989	0,0172	0,1996	576,0	0,5589	0,0172	2,4546	0,0183	3,5728	105,9	11,39
ILM 3.5	SN	0,3600	0,6912	0,00075	0,1989	0,0172	0,1996	576,0	0,5589	0,0172	2,4546	0,0183	3,5728	105,9	11,39
ILM 3.6	TN	0,3600	0,6912	0,00075	0,1989	0,0172	0,1996	576,0	0,5589	0,0172	2,4546	0,0183	3,5728	105,9	11,39
EMG 3.2	TN	0,3600	0,6912	0,00075	0,1989	0,0172	0,1996	576,0	0,5589	0,0172	2,4546	0,0183	3,5728	105,9	4,10
ILM 3.7	SN	0,0720	0,1382	0,00075	0,1989	0,0172	0,1996	576,0	0,2709	0,0172	0,7957	0,0183	1,3386	282,7	1,60
ILM 3.8	SN	0,0360	0,0691	0,00075	0,1989	0,0172	0,1996	576,0	0,2349	0,0172	0,5884	0,0183	1,0595	357,2	1,00
EMG 3.3	RN	0,1200	0,2304	0,00075	0,1989	0,0172	0,1996	576,0	0,3189	0,0172	1,0722	0,0183	1,7108	221,2	0,94
FRZ 3.1	RN	0,3960	0,7603	0,00075	0,1989	0,0172	0,1996	576,0	0,5949	0,0172	2,6620	0,0183	3,8521	98,2	13,24
FRZ 3.2	SN	0,2880	0,5530	0,00075	0,1989	0,0172	0,1996	576,0	0,4869	0,0172	2,0399	0,0183	3,0142	125,6	8,11
FRZ 3.3	TN	0,0720	0,1382	0,00075	0,1989	0,0172	0,1996	576,0	0,2709	0,0172	0,7957	0,0183	1,3386	282,7	1,60
ORD 3.1	TN	0,1080	0,2074	0,00075	0,1989	0,0172	0,1996	576,0	0,3069	0,0172	1,0031	0,0183	1,6178	233,9	2,34

**C.S.4: Taller**

<i>Circuito</i>	<i>Fase</i>	$Z_L(\theta_p)$ [Ω]	$Z_L(\theta_{cc})$ [Ω]	$Z_{ap}(j)$ [Ω]	$R_d(\theta_p)$ [Ω]	$X_d$ [Ω]	$ Z_d $ [Ω]	$I_{cc\text{ máx}}$ [A]	$R_d(\theta_{cc})$ [Ω]	$X_d$ [Ω]	$R_o(\theta_{cc})$ [Ω]	$X_o$ [Ω]	$ 2Z_d+Z_o $ [Ω]	$I_{cc\text{ mín}}$ [A]	$T_{meicc}$ [s]
ILM 4.1	RN	0,4500	0,8640	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,4547	0,0172	2,9730	0,0183	3,8828	97,5	34,44
ILM 4.2	TN	0,2700	0,5184	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,2747	0,0172	1,9362	0,0183	2,4862	152,2	14,12
ILM 4.3	RN	0,2700	0,5184	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,2747	0,0172	1,9362	0,0183	2,4862	152,2	14,12
ILM 4.4	SN	0,2250	0,4320	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,2297	0,0172	1,6770	0,0183	2,1370	177,1	10,43
ILM 4.5	SN	0,2250	0,4320	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,2297	0,0172	1,6770	0,0183	2,1370	177,1	10,43
ILM 4.6	RN	0,2700	0,5184	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,2747	0,0172	1,9362	0,0183	2,4862	152,2	14,12
ILM 4.7	TN	0,2700	0,5184	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,2747	0,0172	1,9362	0,0183	2,4862	152,2	14,12
ILM 4.8	RN	0,3000	0,5760	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,3047	0,0172	2,1090	0,0183	2,7189	139,2	2,37
ILM 4.9	SN	0,3600	0,6912	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,3647	0,0172	2,4546	0,0183	3,1844	118,8	52,12
ILM 4.10	TN	0,2400	0,4608	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,2447	0,0172	1,7634	0,0183	2,2534	167,9	26,10
ILM 4.11	RN	0,2880	0,5530	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,2927	0,0172	2,0399	0,0183	2,6258	144,1	6,15
ILM 4.12	SN	0,3600	0,6912	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,3647	0,0172	2,4546	0,0183	3,1844	118,8	9,05
ILM 4.13	TN	0,4320	0,8294	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,4367	0,0172	2,8693	0,0183	3,7431	101,1	12,50
EMG 4.1	RN	0,7200	1,3824	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,7247	0,0172	4,5282	0,0183	5,9778	63,3	11,48
EMG 4.2	SN	0,7200	1,3824	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,7247	0,0172	4,5282	0,0183	5,9778	63,3	11,48
EMG 4.3	TN	0,4800	0,9216	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,4847	0,0172	3,1458	0,0183	4,1155	92,0	5,44
FRZ 4.1	RST	0,1200	0,2304	0,0006	0,0047	0,0170	0,0176	13095,6	0,1247	0,0170	1,0722	0,0178	1,3226	497,6	0,19
FRZ 4.2	RST	0,1200	0,2304	0,0006	0,0047	0,0170	0,0176	13095,6	0,1247	0,0170	1,0722	0,0178	1,3226	497,6	0,19
FRZ 4.3	RST	0,5040	0,9677	0,0006	0,0047	0,0170	0,0176	13095,6	0,5087	0,0170	3,2841	0,0178	4,3018	153,0	5,46
FRZ 4.4	RST	0,2880	0,5530	0,0006	0,0047	0,0170	0,0176	13095,6	0,2927	0,0170	2,0399	0,0178	2,6258	250,7	2,03

2. Cálculos

97



FRZ 4.5	RST	0,2880	0,5530	0,0006	0,0047	0,0170	0,0176	13095,6	0,2927	0,0170	2,0399	0,0178	2,6258	250,7	2,03
FRZ 4.6	RST	0,4320	0,8294	0,0006	0,0047	0,0170	0,0176	13095,6	0,4367	0,0170	2,8693	0,0178	3,7431	175,8	4,13
FRZ 4.7	RST	0,4680	0,8986	0,0006	0,0047	0,0170	0,0176	13095,6	0,4727	0,0170	3,0767	0,0178	4,0224	163,6	4,77
FRZ 4.8	RN	0,3600	0,6912	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,3647	0,0172	2,4546	0,0183	3,1844	118,8	3,26
FRZ 4.9	RN	0,6000	1,1520	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,6047	0,0172	3,8370	0,0183	5,0467	75,0	8,18
FRZ 4.10	SN	0,3600	0,6912	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,3647	0,0172	2,4546	0,0183	3,1844	118,8	3,26
FRZ 4.11	SN	0,6000	1,1520	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,6047	0,0172	3,8370	0,0183	5,0467	75,0	8,18
FRZ 4.12	SN	0,0600	0,1152	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,0647	0,0172	0,7266	0,0183	0,8576	441,3	3,78
FRZ 4.13	SN	0,2100	0,4032	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,2147	0,0172	1,5906	0,0183	2,0207	187,3	20,99
FRZ 4.14	SN	0,2100	0,4032	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,2147	0,0172	1,5906	0,0183	2,0207	187,3	20,99
FRZ 4.15	SN	0,7200	1,3824	0,00075	0,0047	0,0172	0,0178	6468,1	0,7247	0,0172	4,5282	0,0183	5,9778	63,3	11,48
FRZ 4.16	RST	0,1440	0,2765	0,0006	0,0047	0,0170	0,0176	13095,6	0,1487	0,0170	1,2105	0,0178	1,5087	436,2	10,75





### C.S.5: Maquinaria

Circuito	Fase	$Z_L(\theta_p)$ [Ω]	$Z_L(\theta_{cc})$ [Ω]	$Z_{ap}(j)$ [Ω]	$R_d(\theta_p)$ [Ω]	$X_d$ [Ω]	$ Z_d $ [Ω]	$I_{cc\text{ máx}}$ [A]	$R_d(\theta_{cc})$ [Ω]	$X_d$ [Ω]	$R_o(\theta_{cc})$ [Ω]	$X_o$ [Ω]	$ 2Z_d+Z_o $ [Ω]	$I_{cc\text{ mín}}$ [A]	$T_{meicc}$ [s]
FRZ 5.1	RST	0,0450	0,0864	0,00075	0,0027	0,0172	0,0174	13302,1	0,0477	0,0172	0,6402	0,0183	0,7375	892,4	6,57
FRZ 5.2	RST	0,4800	0,9216	0,00075	0,0027	0,0172	0,0174	13302,1	0,4827	0,0172	3,1458	0,0183	4,1116	160,1	1,80
FRZ 5.3	RST	0,3600	0,6912	0,00075	0,0027	0,0172	0,0174	13302,1	0,3627	0,0172	2,4546	0,0183	3,1805	206,9	1,07
FRZ 5.4	RST	0,4200	0,8064	0,00075	0,0027	0,0172	0,0174	13302,1	0,4227	0,0172	2,8002	0,0183	3,6460	180,5	1,41
FRZ 5.5	RST	0,4200	0,8064	0,00075	0,0027	0,0172	0,0174	13302,1	0,4227	0,0172	2,8002	0,0183	3,6460	180,5	1,41
FRZ 5.6	RST	0,3600	0,6912	0,00075	0,0027	0,0172	0,0174	13302,1	0,3627	0,0172	2,4546	0,0183	3,1805	206,9	1,07
FRZ 5.7	RST	0,3600	0,6912	0,0006	0,0027	0,0170	0,0172	13416,6	0,3627	0,0170	2,4546	0,0178	3,1804	206,9	1,07
FRZ 5.8	RST	0,3600	0,6912	0,00075	0,0027	0,0172	0,0174	13302,1	0,3627	0,0172	2,4546	0,0183	3,1805	206,9	1,07
FRZ 5.9	RST	0,3600	0,6912	0,00075	0,0027	0,0172	0,0174	13302,1	0,3627	0,0172	2,4546	0,0183	3,1805	206,9	1,07
FRZ 5.10	RST	0,3000	0,5760	0,0006	0,0027	0,0170	0,0172	13416,6	0,3027	0,0170	2,1090	0,0178	2,7149	242,4	0,78
FRZ 5.11	TN	0,5400	1,0368	0,00075	0,0027	0,0172	0,0174	6624,0	0,5427	0,0172	3,4914	0,0183	4,5771	82,7	6,73
FRZ 5.12	RST	0,5400	1,0368	0,00075	0,0027	0,0172	0,0174	13302,1	0,5427	0,0172	3,4914	0,0183	4,5771	143,8	2,23
FRZ 5.13	RST	0,3000	0,5760	0,0006	0,0027	0,0170	0,0172	13416,6	0,3027	0,0170	2,1090	0,0178	2,7149	242,4	0,78

**C.S.6: Almacén**

<i>Circuito</i>	<i>Fase</i>	$Z_L(\theta_p)$ [Ω]	$Z_L(\theta_{cc})$ [Ω]	$Z_{ap}(j)$ [Ω]	$R_d(\theta_p)$ [Ω]	$X_d$ [Ω]	$ Z_d $ [Ω]	$I_{cc\text{ máx}}$ [A]	$R_d(\theta_{cc})$ [Ω]	$X_d$ [Ω]	$R_o(\theta_{cc})$ [Ω]	$X_o$ [Ω]	$ 2Z_d+Z_o $ [Ω]	$I_{cc\text{ mín}}$ [A]	$T_{meicc}$ [s]
ILM 6.1	RN	0,2250	0,4320	0,00075	0,1022	0,0172	0,1036	1110,3	0,3272	0,0172	1,6770	0,0183	2,3319	162,3	12,42
ILM 6.2	SN	0,2250	0,4320	0,00075	0,1022	0,0172	0,1036	1110,3	0,3272	0,0172	1,6770	0,0183	2,3319	162,3	12,42
ILM 6.3	TN	0,2250	0,4320	0,00075	0,1022	0,0172	0,1036	1110,3	0,3272	0,0172	1,6770	0,0183	2,3319	162,3	12,42
EMG 6.1	SN	0,7200	1,3824	0,00075	0,1022	0,0172	0,1036	1110,3	0,8222	0,0172	4,5282	0,0183	6,1727	61,3	12,24
FRZ 6.1	RST	0,6480	1,2442	0,0006	0,1022	0,0170	0,1036	2230,1	0,7502	0,0170	4,1135	0,0178	5,6140	117,2	9,30
FRZ 6.2	RST	0,0600	0,1152	0,00075	0,1022	0,0172	0,1036	2229,6	0,1622	0,0172	0,7266	0,0183	1,0522	625,5	0,12
FRZ 6.3	RST	0,3600	0,6912	0,00075	0,1022	0,0172	0,1036	2229,6	0,4622	0,0172	2,4546	0,0183	3,3793	194,8	1,21

**Cuadros T.C.**

<i>Circuito</i>	<i>Fase</i>	$Z_L(\theta_p)$ [Ω]	$Z_L(\theta_{cc})$ [Ω]	$Z_{ap}(j)$ [Ω]	$R_d(\theta_p)$ [Ω]	$X_d$ [Ω]	$ Z_d $ [Ω]	$I_{cc\text{ máx}}$ [A]	$R_d(\theta_{cc})$ [Ω]	$X_d$ [Ω]	$R_o(\theta_{cc})$ [Ω]	$X_o$ [Ω]	$ 2Z_d+Z_o $ [Ω]	$I_{cc\text{ mín}}$ [A]	$T_{meicc}$ [s]
FRZ T.C.1	RST	0,0072	0,0138	0,00105	0,1022	0,0175	0,1036	1929,9	0,1094	0,0175	0,4225	0,0192	0,6435	1022,9	0,12
FRZ T.C.2	-	0,0072	0,0138	0,00105	0,1022	0,0175	0,1036	1109,7	0,1094	0,0175	0,4225	0,0192	0,6435	588,1	0,37
FRZ T.C.3	-	0,0072	0,0138	0,00105	0,1022	0,0175	0,1036	1109,7	0,1094	0,0175	0,4225	0,0192	0,6435	588,1	0,37

Nota: las tomas de corriente monofásicas serán intercambiadas de fases cada 2 cuadros con el fin de repartir la carga de los mismos en las tres fases de forma equilibrada

**C.G.D.**

<i>Circuito</i>	<i>Fase</i>	$Z_L(\theta_p)$ [ $\Omega$ ]	$Z_L(\theta_{cc})$ [ $\Omega$ ]	$Z_{ap}(j)$ [ $\Omega$ ]	$R_d$ [ $\Omega$ ]	$X_d$ [ $\Omega$ ]	$ Z_d $ [ $\Omega$ ]	$I_{cc\text{ máx}}$ [A]	$R_d$ [ $\Omega$ ]	$X_d$ [ $\Omega$ ]	$R_o$ [ $\Omega$ ]	$X_o$ [ $\Omega$ ]	$ 2Z_d+Z_o $ [ $\Omega$ ]	$I_{cc\text{ mín}}$ [A]	$T_{m\text{cicc}}$ [s]
-	RST	0,0009	0,0017	0,00015	0,0009	0,0166	0,0166	13933,5	0,0165	13933,5	0,0497	41800,5	69667,5	0,0	$3,67 \cdot 10^{13}$
C.S.1	RST	0,0653	0,1253	0,00045	0,0009	0,0169	0,0169	13686,1	0,6662	0,0169	3,8370	0,0174	5,1696	127,3	322,95
C.S.2	RST	0,0446	0,0857	0,00045	0,0009	0,0169	0,0169	13686,1	0,6455	0,0169	3,7183	0,0174	5,0097	131,4	740,42
C.S.3	RST	0,1980	0,3802	0,00045	0,0009	0,0169	0,0169	13686,1	0,9592	0,0169	3,4266	0,0174	5,3453	123,1	48,55
C.S.4	RST	0,0038	0,0073	0,00045	0,0009	0,0169	0,0169	13686,1	0,7247	0,0169	4,1742	0,0174	5,6238	117,0	13473,9
C.S.5	RST	0,0018	0,0035	0,00045	0,0009	0,0169	0,0169	13686,1	0,5427	0,0169	3,1260	0,0174	4,2117	156,3	2093,30
C.S.6	RST	0,1013	0,1944	0,00045	0,0009	0,0169	0,0169	13686,1	0,8222	0,0169	4,7356	0,0174	6,3801	103,2	491,90



## 2.5. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES

### 2.5.1. Interruptores magnetotérmicos

Una vez calculada la corriente de cortocircuito mínima, antes de elegir el tipo de curva del interruptor magnetotérmico es necesario calcular su calibre (intensidad nominal). Se acota del siguiente modo:

$$I_{\text{cálculo}} \leq I_{\text{no min al}} \leq I_{\text{admisible}}$$

Donde:

- $I_{\text{cálculo}}$  = Es la intensidad prevista partiendo de la previsión de cargas que va a ser alimentada por la línea en la que está la protección, su tensión y el factor de potencia. Por tanto se puede determinar de la siguiente manera:

$$I_{\text{cálculo}} = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}$$

- $I_{\text{admisible}}$  = Es la máxima intensidad que puede circular por el cable sin que sufra daños irreversibles. Se obtiene de la tabla 1 de la instrucción 19 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Dentro del intervalo que nos ofrecen estos dos valores se escoge el que más convenga dentro de los valores normalizados.

Conocida la intensidad de cortocircuito máxima, elegimos el poder de corte del interruptor sabiendo que tiene que tener un poder de corte capaz de proteger contra esa corriente máxima.

Finalmente ya se puede conocer el tipo de curva del interruptor magnetotérmico de la siguiente manera:



$$I_{ccmín} \geq 5 \cdot I_n \Rightarrow \text{Curva de tipo B}$$

$$I_{ccmín} \geq 10 \cdot I_n \Rightarrow \text{Curva de tipo C}$$

$$I_{ccmín} \geq 20 \cdot I_n \Rightarrow \text{Curva de tipo D y MA}$$

A la hora de la elección de los interruptores magnetotérmicos habrá que tener especial atención a la selectividad entre interruptores a través del calibre y la curva de funcionamiento.

### **2.5.2. Interruptores diferenciales**

Elegiremos interruptores diferenciales con un calibre superior a la intensidad prevista a circular por el conductor al que se encuentra protegiendo.

Además, para mantener la selectividad entre diferenciales, elegiremos diferenciales con una adecuada sensibilidad.



### 2.5.3. Tabla de resultados

#### C.S.1: Planta Baja Oficinas

Circuito	Fase	MAGNETOTÉRMICO			DIFERENCIAL	
		Calibre [A]	PdC [KA]	Curva	Calibre [A]	Sensibilidad [A]
ILM 1.1	RN	16	3	B	10	0,03
ILM 1.2	SN	16	3	B		
ILM 1.3	TN	16	3	B		
ILM 1.4	RN	16	3	C		
EMG 1.1	TN	16	3	C		
ILM 1.5	RN	16	3	B	16	0,03
ILM 1.6	SN	16	3	B		
ILM 1.7	TN	16	3	B		
EMG 1.2	SN	16	3	B		
ILM 1.8	RN	16	3	B	16	0,03
ILM 1.9	SN	16	3	B		
ILM 1.10	TN	16	3	B		
ILM 1.11	RN	16	3	B	10	0,03
ILM 1.12	SN	16	3	B		
ILM 1.13	TN	16	3	B		
EMG 1.3	RN	16	3	B		
ILM 1.14	RN	16	3	B	6	0,03
ILM 1.15	SN	16	3	B		
ILM 1.16	SN	16	3	B		
EMG 1.4	TN	16	3	B		
FRZ 1.1	RN	16	3	C	16	0,03
FRZ 1.2	SN	16	3	B		
FRZ 1.3	TN	16	3	B		
FRZ 1.4	TN	16	3	C		
ORD 1.1	RN	16	3	C		
FRZ 1.5	RST	16	4,5	C	16	0,3
FRZ 1.6	SN	16	3	C	6	0,03
FRZ 1.7	RN	16	3	C		

**C.S.2: 1ª Planta Oficinas**

Circuito	Fase	MAGNETOTÉRMICO			DIFERENCIAL	
		Calibre [A]	PdC [KA]	Curva	Calibre [A]	Sensibilidad [A]
ILM 2.1	RN	16	3	C	16	0,03
ILM 2.2	SN	16	3	B		
ILM 2.3	TN	16	3	B		
EMG 2.1	SN	16	3	B		
ILM 2.4	SN	16	3	B	10	0,03
ILM 2.5	TN	16	3	B		
ILM 2.6	RN	16	3	C		
ILM 2.7	RN	16	3	C		
ILM 2.8	RN	16	3	B	10	0,03
ILM 2.9	SN	16	3	B		
ILM 2.10	TN	16	3	B		
EMG 2.2	RN	16	3	C		
ILM 2.11	SN	16	3	C	16	0,03
ILM 2.12	RN	16	3	C		
ILM 2.13	TN	16	3	C		
ILM 2.14	SN	16	3	C		
ILM 2.15	RN	16	3	C	16	0,03
ILM 2.16	SN	16	3	C		
ILM 2.17	TN	16	3	C		
EMG 2.3	TN	16	3	B		
ILM 2.18	RN	16	3	C	10	0,03
ILM 2.19	SN	16	3	C		
ILM 2.20	TN	16	3	C		
EMG 2.4	RN	16	3	C		
FRZ 2.1	SN	16	3	C	25	0,3
FRZ 2.2	TN	25	3	C		
FRZ 2.3	RN	16	3	C		
FRZ 2.4	RN	16	3	C	16	0,03
FRZ 2.5	RN	16	3	B		
FRZ 2.6	SN	16	3	C		
ORD 2.1	SN	16	3	C		
ORD 2.2	TN	16	3	C		



**C.S.3: 2ª Planta Oficinas**

Circuito	Fase	MAGNETOTÉRMICO			DIFERENCIAL	
		Calibre [A]	PdC [KA]	Curva	Calibre [A]	Sensibilidad [A]
ILM 3.1	RN	20	3	B	25	0,03
ILM 3.2	SN	20	3	B		
ILM 3.3	TN	20	3	B		
EMG 3.1	SN	16	3	C		
ILM 3.4	RN	20	3	B	16	0,03
ILM 3.5	SN	20	3	B		
ILM 3.6	TN	20	3	B		
EMG 3.2	TN	16	3	B		
ILM 3.7	SN	20	3	C	6	0,03
ILM 3.8	SN	20	3	C		
EMG 3.3	RN	16	3	C		
FRZ 3.1	RN	16	3	B	16	0,03
FRZ 3.2	SN	16	3	B		
FRZ 3.3	TN	16	3	C		
ORD 3.1	TN	16	3	C		

**C.S.4: Taller**

Circuito	Fase	MAGNETOTÉRMICO			DIFERENCIAL	
		Calibre [A]	PdC [KA]	Curva	Calibre [A]	Sensibilidad [A]
ILM 4.1	RN	25	10	B	40	0,03
ILM 4.2	TN	25	10	B		
ILM 4.3	RN	25	10	B		
ILM 4.4	SN	25	10	B		
ILM 4.5	SN	25	10	B	40	0,03
ILM 4.6	RN	25	10	B		
ILM 4.7	TN	25	10	B		
MAN 4.1	RST	6	6	B		
ILM 4.8	RN	16	10	B	16	0,03
ILM 4.9	SN	50	10	B		
ILM 4.10	TN	50	10	B		
MAN 4.2	RST	6	6	B		
ILM 4.11	RN	20	10	B	25	0,03
ILM 4.12	SN	20	10	B		
ILM 4.13	TN	20	10	B		
MAN 4.3	RST	6	6	B		
EMG 4.1	RN	16	10	B	6	0,03
EMG 4.2	SN	16	10	B		
EMG 4.3	TN	16	10	B		
FRZ 4.1	RST	16	16	C	16	0,3
FRZ 4.2	RST	16	16	C	16	0,3
FRZ 4.3	RST	20	16	B	-	-
FRZ 4.4	RST	20	16	B	-	-
FRZ 4.5	RST	20	16	B	-	-
FRZ 4.6	RST	20	16	B	-	-
FRZ 4.7	RST	20	16	B	-	-
FRZ 4.8	RN	16	10	B	63	0,3
FRZ 4.9	RN	16	10	B		
FRZ 4.10	SN	16	10	B		
FRZ 4.11	SN	16	10	B		
FRZ 4.12	SN	50	10	B	6	0,3
FRZ 4.13	SN	50	10	B		



FRZ 4.14	SN	50	10	B		
FRZ 4.15	SN	16	10	B		
FRZ 4.16	RST	50	16	B	50	0,3

### C.S.5: Maquinaria

Circuito	Fase	MAGNETOTÉRMICO			DIFERENCIAL	
		Calibre [A]	PdC [KA]	Curva	Calibre [A]	Sensibilidad [A]
FRZ 5.1	RST	80	16	C	63	0,3
FRZ 5.2	RST	16	16	C		
FRZ 5.3	RST	16	16	C	25	0,3
FRZ 5.4	RST	16	16	C		
FRZ 5.5	RST	16	16	C		
FRZ 5.6	RST	16	16	C		
FRZ 5.7	RST	16	16	C	16	0,3
FRZ 5.8	RST	16	16	C	16	0,3
FRZ 5.9	RST	16	16	C		
FRZ 5.10	RST	16	16	C	16	0,3
FRZ 5.11	TN	16	10	B	6	0,3
FRZ 5.12	RST	16	16	B		
FRZ 5.13	RST	16	16	C	16	0,3

### C.S.6: Almacén

Circuito	Fase	MAGNETOTÉRMICO			DIFERENCIAL	
		Calibre [A]	PdC [KA]	Curva	Calibre [A]	Sensibilidad [A]
ILM 6.1	RN	25	3	B	25	0,03
ILM 6.2	SN	25	3	B		
ILM 6.3	TN	25	3	B		
MAN 6.1	RST	6	6	B		
EMG 6.1	SN	16	3	B		
FRZ 6.1	RST	20	6	B	-	-
FRZ 6.2	RST	16	6	C	6	0,3
FRZ 6.3	RST	16	6	C		

**Cuadro T.C.**

Circuito	Fase	MAGNETOTÉRMICO			DIFERENCIAL	
		Calibre [A]	PdC [KA]	Curva	Calibre [A]	Sensibilidad [A]
FRZ T.C.1	RST	16	6	B	10	0,3
FRZ T.C.2	-	16	3	B		
FRZ T.C.3	-	16	3	B		

Nota: las tomas de corriente monofásicas serán intercambiadas de fases cada 2 cuadros con el fin de repartir la carga de los mismos en las tres fases de forma equilibrada

**C.G.D**

Circuito	Fase	MAGNETOTÉRMICO			DIFERENCIAL	
		Calibre [A]	PdC [KA]	Curva	Calibre [A]	Sensibilidad [A]
-	RST	630	22	B	630	1
C.S.1	RST	63	16	B	-	-
C.S.2	RST	100	16	B		
C.S.3	RST	50	16	B		
C.S.4	RST	250	22	B		
C.S.5	RST	160	22	B		
C.S.6	RST	63	16	B		



## 2.6. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra se realiza para limitar la tensión que, con respecto a tierra, pueden llegar a alcanzar en un momento determinado las masas metálicas y para asegurar la actuación de las protecciones y eliminar el riesgo que supone las averías eléctricas en los receptores. Actúa desviando al terreno las intensidades de defecto.

A la hora de llevar a cabo este cálculo debemos comprobar que la red de tierras proyectada cumple tanto con la ITC-BT-18 como con la ITC-BT-24 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

La tensión de contacto que estableceremos como la máxima será de 24 V, por lo que la resistencia de tierra calculada multiplicada por la corriente máxima que permite los dispositivos de protección no debe sobrepasar dicho valor.

$$R_a \cdot I_a < U = 24V$$

Donde:

- $R_a$  = Resistencia de puesta a tierra junto con los conductores de protección [ $\Omega$ ]
- $I_a$  = Intensidad máxima que soporta el dispositivo de protección [A]
- $U$  = Tensión de contacto máxima permitida [V] = 24 V.

Para el cálculo de la resistencia de tierra tendremos en cuenta las siguientes ecuaciones:



### Para las picas

$$R_p = \frac{\rho}{L_1} = \frac{500\Omega \cdot m}{1,4m} = 357,14\Omega$$

$$R_{pt} = n \cdot R_p = 14 \cdot 357,14\Omega = 5000\Omega$$

Donde:

- $R_p$  = Resistencia de una pica [ $\Omega$ ]
- $R_{pt}$  = Resistencia del total de picas usadas [ $\Omega$ ]
- $n$  = Número de picas = 14
- $\rho$  = Resistividad del terreno [ $\Omega \cdot m$ ] = 500  $\Omega \cdot m$
- $L_1$  = Longitud de la pica [m] = 1,4 m

### Para el conductor desnudo

$$R_c = \frac{2 \cdot \rho}{L_2} = \frac{2 \cdot 500\Omega \cdot m}{415m} = 2,41\Omega$$

Donde:

- $R_c$  = Resistencia del cable [ $\Omega$ ]
- $\rho$  = Resistividad del terreno [ $\Omega \cdot m$ ] = 500  $\Omega \cdot m$
- $L_2$  = Longitud del conductor enterrado [m] = 415 m

La resistencia total de tierra la hallaremos mediante el paralelo entre la resistencia de las picas y la del cable.

$$\frac{1}{R_a} = \frac{1}{R_{pt}} + \frac{1}{R_c} = \frac{1}{5000\Omega} + \frac{1}{2,41\Omega} = \frac{1}{2,41\Omega}$$



$$R_a = 2,41\Omega$$

Una vez calculada la resistencia de tierra debemos ver si se cumple el reglamento:

$$U_c = R_a \cdot I_a = 2,41\Omega \cdot 0,03A = 0,0723V < 24V$$

Queda comprobado que dicha puesta a tierra cumple con lo establecido en el reglamento.



## **2.7. CÁLCULO DE LA COMPENSACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA**

### **2.7.1. Dimensiones de la batería**

En primer lugar, tenemos que calcular cuál es el factor de potencia medio de la instalación. Para ello tenemos en cuenta los factores de potencia de cada uno de los receptores como se muestra a continuación.

#### **C.S.1: Planta Baja Oficinas**

<i>Circuito</i>	<i>P (W)</i>	<i>cos φ</i>	<i>S (VA)</i>
ILM 1.1	484	1	484
ILM 1.2	520	1	520
ILM 1.3	676	1	676
ILM 1.4	216	1	216
ILM 1.5	1044	1	1044
ILM 1.6	696	1	696
ILM 1.7	696	1	696
ILM 1.8	432	1	432
ILM 1.9	864	1	864
ILM 1.10	864	1	864
ILM 1.11	432	1	432
ILM 1.12	432	1	432
ILM 1.13	432	1	432
ILM 1.14	216	1	216
ILM 1.15	176	1	176
ILM 1.16	176	1	176
EMG 1.1	24	1	24
EMG 1.2	36	1	36
EMG 1.3	30	1	30
EMG 1.4	24	1	24
FRZ 1.1	500	0,85	588,2
FRZ 1.2	1200	0,85	1411,8
FRZ 1.3	1200	0,85	1411,8
FRZ 1.4	500	0,85	588,2





ORD 1.1	1500	0,85	1764,7
FRZ 1.5	4000	0,7	5714,3
FRZ 1.6	700	0,8	875
FRZ 1.7	20	0,95	21,1
	18090		20845

### C.S.2: Primera Planta Oficinas

<i>Circuito</i>	<i>P (W)</i>	<i>cos φ</i>	<i>S (VA)</i>
ILM 2.1	1728	1	1728
ILM 2.2	432	1	432
ILM 2.3	648	1	648
ILM 2.4	792	1	792
ILM 2.5	792	1	792
ILM 2.6	88	1	88
ILM 2.7	88	1	88
ILM 2.8	432	1	432
ILM 2.9	432	1	432
ILM 2.10	432	1	432
ILM 2.11	432	1	432
ILM 2.12	648	1	648
ILM 2.13	648	1	648
ILM 2.14	864	1	864
ILM 2.15	864	1	864
ILM 2.16	864	1	864
ILM 2.17	864	1	864
ILM 2.18	432	1	432
ILM 2.19	432	1	432
ILM 2.20	864	1	864
EMG 2.1	66	1	66
EMG 2.2	6	1	6
EMG 2.3	42	1	42
EMG 2.4	18	1	18
FRZ 2.1	600	0,85	705,9
FRZ 2.2	3000	0,75	4000
FRZ 2.3	2200	0,8	2750
FRZ 2.4	600	0,85	705,9



FRZ 2.5	1500	0,85	1764,7
FRZ 2.6	1000	0,85	1176,5
ORD 2.1	1500	0,85	1764,7
ORD 2.2	1500	0,85	1764,7
	24808		27540,4

### C.S.3: Segunda Planta Oficinas

<i>Circuito</i>	<i>P (W)</i>	<i>cos φ</i>	<i>S (VA)</i>
ILM 3.1	1296	1	1296
ILM 3.2	1296	1	1296
ILM 3.3	1296	1	1296
ILM 3.4	1296	1	1296
ILM 3.5	648	1	648
ILM 3.6	648	1	648
ILM 3.7	88	1	88
ILM 3.8	88	1	88
EMG 3.1	33	1	33
EMG 3.2	24	1	24
EMG 3.3	12	1	12
FRZ 3.1	1500	0,85	1764,7
FRZ 3.2	1500	0,85	1764,7
FRZ 3.3	500	0,85	588,2
ORD 3.1	1500	0,85	1764,7
	11725		12607,4

### C.S.4: Taller

<i>Circuito</i>	<i>P (W)</i>	<i>cos φ</i>	<i>S (VA)</i>
ILM 4.1	2400	1	2400
ILM 4.2	3200	1	3200
ILM 4.3	2000	1	2000
ILM 4.4	3200	1	3200
ILM 4.5	3200	1	3200
ILM 4.6	2800	1	2800
ILM 4.7	4000	1	4000



ILM 4.8	648	1	648
ILM 4.9	1350	1	1350
ILM 4.10	1600	1	1600
ILM 4.11	2500	1	2500
ILM 4.12	2500	1	2500
ILM 4.13	2500	1	2500
EMG 4.1	64	1	64
EMG 4.2	64	1	64
EMG 4.3	38	1	38
FRZ 4.1	4500	0,8	5625
FRZ 4.2	3200	0,8	4000
FRZ 4.3	10500	0,85	12352,9
FRZ 4.4	7500	0,85	8823,5
FRZ 4.5	7500	0,85	8823,5
FRZ 4.6	9000	0,85	10588,2
FRZ 4.7	9000	0,85	10588,2
FRZ 4.8	2000	0,75	2666,7
FRZ 4.9	2000	0,75	2666,7
FRZ 4.10	2000	0,75	2666,7
FRZ 4.11	2000	0,75	2666,7
FRZ 4.12	1000	0,8	1250
FRZ 4.13	500	0,8	625
FRZ 4.14	20	0,95	21,1
FRZ 4.15	100	0,95	105,3
FRZ 4.16	20000	0,87	22988,5
	112884		128522

### C.S.5: Maquinaria

<i>Circuito</i>	<i>P (W)</i>	<i>cos φ</i>	<i>S (VA)</i>
FRZ 5.1	22000	0,6	36666,7
FRZ 5.2	1500	0,6	2500
FRZ 5.3	5000	0,8	6250
FRZ 5.4	4800	0,8	6000
FRZ 5.5	1600	0,75	2133,3
FRZ 5.6	1500	0,8	1875
FRZ 5.7	5500	0,8	6875



FRZ 5.8	6600	0,75	8800
FRZ 5.9	900	0,8	1125
FRZ 5.10	5500	0,8	6875
FRZ 5.11	500	0,8	625
FRZ 5.12	1000	0,8	1250
FRZ 5.13	2600	0,7	3714,3
	59000		84689,3

### C.S.6: Almacén

<i>Circuito</i>	<i>P (W)</i>	<i>cos φ</i>	<i>S (VA)</i>
ILM 6.1	2000	1	2000
ILM 6.2	2000	1	2000
ILM 6.3	2000	1	2000
EMG 6.1	58	1	58
FRZ 6.1	9000	0,85	10588,2
FRZ 6.2	1000	0,8	1250
FRZ 6.3	1000	0,8	1250
	17058		19146,2

### C.G.D.

<b>Circuito</b>	<b>P (W)</b>	<b>S</b>
C.S.1	18090	20845
C.S.2	24808	27540,4
C.S.3	11725	12607,4
C.S.4	112884	128522
C.S.5	59000	84689,3
C.S.6	17058	19146,2
	243565	293350,2

El factor de potencia medio de la instalación es:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{243565W}{293350VA} = 0,8303$$



Por lo que con este valor obtenemos que  $\varphi$  es:

$$\varphi = 33,87^\circ$$

Teniendo en cuenta el ángulo de desfase hallado mediante el factor de potencia, la potencia reactiva que consume la instalación será:

$$Q = S \cdot \sin \varphi = 293350 \text{ VA} \cdot 0,5573 = 163483,96 \text{ VAr}$$

Lo que queremos es obtener un factor de potencia cercano a la unidad, en nuestro caso, hemos elegido 0,97. Entonces, con este factor, la potencia reactiva será:

$$Q' = S \cdot \sin \varphi' = 293350 \text{ VA} \cdot 0,2431 = 71313,39 \text{ VAr}$$

Por lo tanto, la potencia reactiva a compensar será:

$$Q_{comp} = Q - Q' = 92170,57 \text{ VAr}$$

Por lo que colocaremos al lado del Cuadro General de BT una batería automática de condensadores con interruptor automático de 105 KVar. Esta dispone de 7 escalones de 15 KVar cada uno que saltarán en función de la potencia reactiva que se esté consumiendo en cada momento.

El equipo de compensación de esta gama consiste en una batería compuesta por tres condensadores (con 3 salidas), de tal manera que la segunda salida tiene el doble de potencia que la primera, y la tercera el doble que la segunda, por lo que se conectan a la red de la siguiente manera:

- Primera salida.
- Segunda salida.
- Primera y segunda salida.



- Tercera salida.
- Tercera y primera salida.
- Tercera y segunda salida.
- Tercera, segunda y primera salida.

Esta regulación será en escalones de 15 KVar. El equipo escogido será de 105 KVar, de escalones 7x15 con batería Rectimat 2 estándar de 400 V.

### **2.7.2. Cálculo del conductor de conexión de la batería**

Calculamos la sección del conductor que conecta la batería de condensadores mediante el criterio térmico. De acuerdo con la ITC-BT-48 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, aplicamos un coeficiente de mayoración de entre 1,5 y 1,8.

#### **Criterio térmico**

$$I_c = \frac{C_m \cdot Q_{comp}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \sin \varphi} = \frac{1,6 \cdot 92170,57 \text{Var}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{V} \cdot 1} = 212,86 \text{A}$$

Donde:

- $I_c$  = Intensidad de la línea [A]
- $C_m$  = Coeficiente de mayoración = 1,6
- $Q_{comp}$  = Potencia reactiva a compensar [Var]
- $V$  = Tensión de la línea [V]
- $\sin \varphi$  = Característica de la batería

Para conductores unipolares con aislamiento de XLPE, escogemos secciones de 120 mm<sup>2</sup> para los conductores de fase y neutro y de 70 mm<sup>2</sup> para el conductor de protección.

Comprobamos ahora que el cable ha sido correctamente dimensionado a través de la máxima caída de tensión que se da en la línea objeto de cálculo.



$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_c \cdot \cos \varphi}{S \cdot \sigma} = \frac{\sqrt{3} \cdot 50m \cdot 219,44A \cdot 0,97}{120mm^2 \cdot 56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}} = 2,74V$$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V \cdot 100}{400} = 0,69\% < 6,5\%$$

Donde:

- $\Delta V$  = Caída de tensión [V]
- $L$  = Longitud de la línea [m]
- $I_c$  = Intensidad de la línea [A]
- $\cos \varphi$  = Factor de potencia
- $S$  = Sección del conductor [mm<sup>2</sup>]
- $\sigma$  = Conductividad del material conductor [m/Ω·mm<sup>2</sup>] = 56 m/Ω·mm para Cu y 35 m/Ωmm<sup>2</sup> para Al.

Según lo indicado en la ITC-BT-21 del Reglamento electrotécnico de Baja Tensión, el diámetro exterior del tubo por el que transcurre la línea que alimenta a la batería para las condiciones de instalación descritas anteriormente será de 75 mm.

### **2.7.3. Cálculo de la protección de la batería**

La intensidad que consume la batería de condensadores, calculada en el apartado anterior, es de 219,44 A. Además, para una sección de los conductores activos de 120 mm<sup>2</sup>, la máxima intensidad admisible en canalización empotrada bajo tubo es de 284 A.

$$I_c = 219,44A \leq I_n \leq I_{adm} = 284A$$

La intensidad de cortocircuito será la que se da a la entrada del Cuadro General de Distribución.



$$I_{ccm\acute{a}x} = 13940,9A$$

Se elige un interruptor magnetotérmico que proteja la línea que alimenta la batería de condensadores de 250 A de calibre y 16 kA de poder de corte.





## 2.8. CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 2.8.1. Datos del transformador

Elegiremos un transformador de la marca ORMAZABAL de 400 KVA, aislado en aceite y con las siguientes características:

Potencia del transformador	400 KVA
Grupo de conexión	Dyn11
Relación de transformación	20000/420 V
Pérdidas en el hierro	750 W
Pérdidas en el cobre	4600 W
Tensión de cortocircuito	4%
Volumen de aceite	330 litros
Peso	1330 kg

### 2.8.2. Intensidad nominal

#### 2.8.2.1. En el lado de alta tensión

La intensidad en el lado de Alta Tensión de un transformador trifásico es el valor que circula por el devanado primario cuando el transformador funcione a su potencia nominal y viene determinada por la siguiente expresión:

$$I_p = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_p} = \frac{400 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \cdot 13,2 \text{ kV}} = 17,5 \text{ A}$$

Donde:

- $I_p$  = Intensidad en el lado de Alta Tensión [A]
- $S_n$  = Potencia del transformador [KVA]
- $U_p$  = Tensión en el lado de Alta Tensión [kV]



Este valor puede utilizarse para calcular los fusibles de protección adecuados en el lado de Alta Tensión.

### **2.8.2.2. En el lado de baja tensión**

En un sistema trifásico la intensidad en el lado de Baja Tensión viene determinada por la siguiente expresión:

$$I_s = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_s} = \frac{400000VA}{\sqrt{3} \cdot 400V} = 577,35A$$

Donde:

- $I_s$  = Intensidad en el lado de Baja Tensión [A]
- $S_n$  = Potencia del transformador [KVA]
- $U_p$  = Tensión en el lado de Baja Tensión [kV]

Este valor puede utilizarse para calcular los fusibles de protección adecuados en el lado de Baja Tensión.

### **2.8.3. Intensidad de cortocircuito**

#### **2.8.3.1. En el lado de alta tensión**

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en el lado de Alta Tensión se utiliza como dato de partida el valor de la potencia de cortocircuito de la red, suministrado por la compañía eléctrica IBERDROLA, que en este caso es de 400 MVA.

La corriente de cortocircuito en el lado de Alta Tensión se puede calcular por medio de la siguiente expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p} = \frac{400MVA}{\sqrt{3} \cdot 13,2KV} = 17,5kA$$



Donde:

- $I_{ccp}$  = Intensidad de cortocircuito en el lado de Alta Tensión [kA]
- $S_{cc}$  = Potencia de cortocircuito de la red [MVA]
- $U_p$  = Tensión en el lado de Alta Tensión [kV]

La intensidad de cortocircuito en el lado de Alta Tensión es de 11,55 kA. Esta será la intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

### 2.8.3.2. En el lado de baja tensión

Para obtener el valor de la intensidad de cortocircuito secundaria se debe saber cuál será la tensión de cortocircuito, es decir, la tensión que es preciso aplicar al primario para que estando en cortocircuito las bornas del secundario, se alcance en dicho secundario su intensidad nominal. Según la tabla de características de los transformadores que aparece en la norma UNE 20138 esta tensión, la cual se expresa de forma porcentual, será del 4%.

La corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión se puede calcular por medio de la siguiente expresión:

$$I_{ccs} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \frac{U_{cc}}{100}} = \frac{400KVA}{\sqrt{3} \cdot 400V \cdot \frac{4}{100}} = 14,43KA$$

Donde:

- $I_{ccs}$  = Intensidad de cortocircuito en el lado de Alta Tensión [kA]
- $S_n$  = Potencia del transformador [KVA]
- $U_s$  = Tensión en el lado de Baja Tensión [V]
- $U_{cc}$  = Tensión de cortocircuito del transformador [%]

La intensidad de cortocircuito en el lado de Alta Tensión es de 13,75 kA. Esta será la intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de Alta Tensión.



#### 2.8.4. Dimensiones del embarrado

##### 2.8.4.1. Celdas

La gama SM6 está compuesta por unidades modulares bajo envolventes metálicas de tipo compartimentos equipadas con aparatos de corte y seccionamiento.

Las unidades SM6 son usadas para cumplir con las funciones y requerimientos propios de la media tensión en las estaciones distribuidoras de grandes consumidores, hasta 24 kV.

Las unidades SM6 están concebidas para instalaciones de interior y sus dimensiones reducidas son:

<i>Características SM6 24</i>	<i>Datos (m)</i>	<i>Características del embarrado</i>	<i>Datos</i>
Altura	1,6	Intensidad asignada	630 A
Anchura	0,375-0,750	Límite térmico (1segundo)	12,5 kA
Profundidad	0,84	Límite electrodinámico	31,25 kA

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente, así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

##### 2.8.4.2. Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica Schneider SM6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada 630 A.



#### 2.8.4.3. Comprobación por sollicitación electrodinámica

Según la MIE-RAT-05 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, la resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\max} \geq \frac{I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2}{60 \cdot d \cdot W}$$

Donde:

- $\sigma_{\max}$  = Carga de rotura de tracción del material de los conductores [kg/cm<sup>2</sup>]
- $I_{\text{ccp}}$  = Intensidad de cortocircuito de la red [kA]
- $L$  = Separación longitudinal entre apoyos [cm]
- $d$  = Separación entre fases [cm]
- $W$  = Módulo resistente de los conductores en [cm<sup>3</sup>]

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica modelo Schneider SM6 24 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

#### 2.8.4.4. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{th} = a \cdot S \cdot \sqrt{\frac{\Delta T}{t}}$$

Donde:

- $I_{th}$  = Intensidad eficaz [A]
- $a$  = 13 para Cu
- $S$  = sección del embarrado [mm<sup>2</sup>]
- $\Delta T$  = Incremento máximo de la temperatura [°C] = 150 para Cu



-  $t$  = Tiempo de duración del cortocircuito [s]

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica modelo Schneider SM6 24 conforme a la normativa vigente, se garantiza que la intensidad eficaz durante 1 segundo de duración del cortocircuito es de 12,5 kA.

### **2.8.5. Sección de los conductores del centro de transformación**

#### **2.8.5.1. Conexión celdas-transformador**

La intensidad nominal que ha de soportar el cable es:

$$I_c = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{400000VA}{\sqrt{3} \cdot 13200V} = 17,5A$$

Se ha decidido poner cable tripolar de Aluminio de 16 mm<sup>2</sup> de sección, que en condiciones de instalación soporta 90 A y provoca una caída de tensión despreciable, cumpliendo así con los criterios de calentamiento y de caída de tensión. El aislamiento del conductor será de XLPE.

#### **2.8.5.2. Conexión del secundario del transformador al cuadro de baja tensión**

La intensidad nominal que tienen que soportar los cables que unen el secundario del transformador con el cuadro de Baja Tensión del Centro de Transformación es:

$$I_c = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{400000VA}{\sqrt{3} \cdot 400V} = 577,35A$$

Se ha decidido poner 3 conductores unipolares de Cobre de 400 mm<sup>2</sup> de sección (acometida), que en condiciones normales soporta 705 A, y provoca una caída de tensión despreciable, cumpliendo así con los criterios de calentamiento y de caída de tensión. La sección del conductor neutro es 185 mm<sup>2</sup>. El aislamiento de los conductores es de XLPE.



## **2.8.6. Selección de las protecciones**

### **2.8.6.1. En alta tensión**

La protección se realiza utilizando una celda de ruptofusibles cuya señal alimentará a un disparador de un seccionador de puesta a tierra, que efectuará la protección a sobrecargas y cortocircuitos.

### **2.8.6.2. En baja tensión**

En el circuito de baja tensión del transformador, según la Recomendación UNESA RU 6302, se instalará una caja de protección equipada con fusibles con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión.

La descarga del transformador al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores unipolares de XLPE 0,6/1 KV 400 mm<sup>2</sup> unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente será de 705 A.

## **2.8.7. Iluminación del centro de transformación**

### **2.8.7.1. Alumbrado interior**

- Dimensiones del local (m)
  - a = 6 m
  - b = 5 m
  - S = 30 m<sup>2</sup>
  - h' = 3,05 m
  - h'' = 0,85 m
  - d' = 0,44 m
- Nivel de iluminación: E = 150 lux
- Tipo de iluminación: directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS 2xTL-D58W HF.
- Tipo de luminaria: PHILIPS TCW060.
- Flujo luminoso de la lámpara (Φ): 4450 lm



- Determinar la altura de suspensión de las luminarias.

$$h = (4/5) \cdot (h' - 0,85) = 1,76 \text{ m}$$

- Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas):

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h} = 1,55$$

- Factores de reflexión: techo 70 %, paredes 50 %, suelo 30%
- Coeficiente de utilización:  $C_u = 0,45$
- Factor de mantenimiento:  $C_m = 0,8$
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = 16666,67 \text{ lm}$$

- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lumenes}}{n \cdot \Phi} = 1,87$$

### Solución adoptada:

- 2 lámparas PHILIPS 2xTL-D58W HF.
- 15 luminarias PHILIPS TCW060.

**Potencia:**  $2 \cdot 2 \cdot 58 = 232 \text{ W}$ .





### 2.8.7.2. Alumbrado de emergencia

- Área del local:  $S = 30 \text{ m}^2$
- Proporción de iluminación =  $5 \text{ lm/m}^2$
- Flujo luminoso necesario ( $\Phi$ ): 150 lm.
- Tipo de luminaria: LEGRAND Serie C3.
- Flujo luminoso de la lámpara ( $\Phi$ ): 200 lm.
- Luminarias necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}} = 0,75$$

**Solución adoptada:** 1 luminaria LEGRAND Serie C3 200 lm.

**Potencia:**  $1 \cdot 6 = 6 \text{ W}$ .

### 2.8.8. Cuadro de baja tensión del centro de transformación

En el cuadro de Baja Tensión tenemos las siguientes conducciones:

- ILM C.T.: Alumbrado del centro de transformación.
- EMG C.T.: Alumbrado de emergencia del centro de transformación.
- FRZ C.T.: Tomas de corriente.

Circuito	$P$ [W]	$k_u$	$F_m$	$P_c$ [W]	$V$ [V]	$\cos \phi$	$I_c$ [A]	Fase
ILM C.T.	232	0,85	1,8	354,96	230	1	1,54	RN
EMG C.T.	6	0,85	1	5,1	230	1	0,02	SN
FRZ C.T.	200	0,4	1	80	230	0,85	0,41	TN

#### 2.8.8.1. Dimensionado de los conductores del centro de transformación

Para la intensidad calculada a circular por los conductores de las instalaciones de Baja Tensión del centro de transformación, será suficiente con conductores de  $1,5 \text{ mm}^2$  de sección de fase. Por tanto, utilizamos conductores de cobre, con aislamiento de XLPE y



con la denominación 1x1,5 + 1G2,5 mm<sup>2</sup> para las instalaciones de alumbrado y emergencia y 2G2,5 mm<sup>2</sup> para las tomas de corriente.

### 2.8.8.2. Protecciones del cuadro de Baja Tensión

Circuito	Fase	MAGNETOTÉRMICO			DIFERENCIAL	
		Calibre [A]	PdC [KA]	Curva	Calibre [A]	Sensibilidad [A]
-	RST	16	16	B	16	0,03
ILM C.T.	RN	16	10	B	-	-
EMG C.T.	SN	16	10	B		
FRZ C.T.	TN	16	10	B		

### 2.8.9. Dimensionado de la ventilación del centro de transformación

La ventilación del Centro de Transformación se llevará a cabo por medio de ventilación natural en las paredes del mismo, y para evitar la entrada de elementos al interior se instalarán unas rejillas.

El caudal de aire necesario para la ventilación del Centro de Transformación es el siguiente:

$$Q = \frac{P_{fe} + P_{cu}}{1,16 \cdot \Delta T} = \frac{4,6kW + 0,75kW}{1,16 \cdot 15^\circ C} = 0,3075m^3 / s$$

Donde:

- Q = Caudal de aire necesario [m<sup>3</sup>/s]
- P<sub>fe</sub> = Pérdidas en vacío del transformador [kW]
- P<sub>cu</sub> = Pérdidas en cortocircuito del transformado [kW]
- ΔT = Diferencia de temperatura entre la masa de aire que entra y la que sale [°C]

La velocidad de dicho caudal de aire será el siguiente:



$$v_s = 4,6 \cdot \frac{\sqrt{H}}{\Delta T} = 4,6 \cdot \frac{\sqrt{1,9m}}{15^\circ C} = 0,4227m/s$$

- $v_s$  = Velocidad del aire [m/s]
- $H$  = Distancia entre los centros de las rejillas de entrada y salida de aire [m]
- $\Delta T$  = Diferencia de temperatura entre la masa de aire que entra y la que sale [°C]

La superficie eficaz de cada una de las rejillas a instalar es la siguiente:

$$S_{\text{eficazrejilla}} = \frac{Q}{v_s} = \frac{0,3075m^3/s}{0,4227m/s} = 0,7275m^2$$

- $S_{\text{eficaz rejilla}}$  = Superficie eficaz de cada rejilla [m<sup>2</sup>]
- $Q$  = Caudal de aire necesario [m<sup>3</sup>/s]
- $v_s$  = Velocidad del aire [m/s]

La superficie total de cada una de las rejillas se calcula mediante la siguiente expresión, aplicando un coeficiente de mayoración de la rejilla de un 40% debido al espacio que ocupan las lamas:

$$S_{\text{rejilla}} = 1,4 \cdot S_{\text{eficazrejilla}} = 1,4 \cdot 0,7275 = 1,0185m^2$$

Así pues, utilizaremos en las paredes del Centro de Transformación 4 rejillas de 1x0,3 m de superficie.

#### **2.8.10. Dimensiones del pozo apagafuegos**

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador. En este caso, al tratarse de un edificio prefabricado, el fabricante ya ha dimensionado dicho pozo para que pueda almacenar los 330 litros de aceite que tiene según los datos facilitados por el mismo fabricante.



En la parte superior del depósito colector del dieléctrico se instalará un dispositivo apagallamas que consiste en unas rejillas metálicas que producen la autoextinción del aceite.

### **2.8.11. Cálculo de la instalación de puesta a tierra**

#### **2.8.11.1. Terreno**

El terreno en el que se prevé construir la nave se trata de un terreno cultivable poco fértil por lo que su resistividad media es de  $500 \Omega \cdot m$ . Como el Centro de Transformación se quiere instalar en la misma parcela, la resistividad que consideraremos será la misma.

#### **2.8.11.2. Corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo de eliminación del defecto**

En instalaciones de Alta Tensión de tensión igual o inferior a 30 kV (de 3ª categoría) los aspectos a tener en cuenta para los cálculos de falta a tierra son:

#### **Tipo de neutro**

Los cálculos variarán si el neutro de la red está aislado, directamente unido a tierra o unido a través de una impedancia.

#### **Tipo de protecciones de la línea en la subestación más cercana**

Si se produce un fallo en la red, éste se elimina con la apertura de un elemento de corte que se dispara por la indicación de un medidor de corriente. Además se pueden producir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a medio segundo. El tiempo máximo de eliminación del defecto es de 1 segundo y el valor de la impedancia de puesta a tierra del neutro es  $38,49 \Omega$ .

Según la MIE-RAT-13 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, utilizaremos los siguientes coeficientes de cálculo para tiempos de duración de una falta a tierra superiores a 0,9 segundos.



$$K = 78,5$$

$$n = 0,18$$

Así pues, la intensidad máxima de defecto la podremos calcular introduciendo los datos en la siguiente fórmula:

$$I_{d \max} = \frac{U_{p \max}}{\sqrt{3} \cdot Z_n} = \frac{13200V}{\sqrt{3} \cdot 38,49\Omega} = 198A$$

Donde:

- $I_{d \max}$  = Intensidad de defecto máxima [A]
- $U_{p \max}$  = Tensión máxima en el primario [V]
- $Z_n$  = Valor de la impedancia de puesta a tierra del neutro [ $\Omega$ ]

### **2.8.11.3. Diseño de la instalación de tierra**

#### **Tierra de protección**

A este sistema se conectarán las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas, carcasas de los transformadores, edificio prefabricado, puertas de acceso, rejillas de ventilación, etc.

El electrodo escogido para realizar la puesta a tierra de protección tiene las siguientes características:

- Configuración: 70-60/5/4 6
- Dimensiones [m] = 7 x 6 m<sup>2</sup>
- Profundidad del electrodo [m] = 0,5 m
- Número de picas = 4
- Longitud de las picas [m] = 6 m



Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia:

$$k_r = 0,056 \left[ \frac{\Omega}{\Omega \cdot m} \right]$$

- De la tensión de paso:

$$k_p = 0,0113 \left[ \frac{V}{\Omega \cdot A} \right]$$

- De la tensión de contacto:

$$k_c = 0,0215 \left[ \frac{V}{\Omega \cdot m \cdot A} \right]$$

Así pues, la puesta a tierra de protección estará constituida por 4 picas en disposición rectangular unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo con una sección de 50 mm<sup>2</sup>.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 6 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m y la separación entre cada pica y la siguiente será de 7 y 6 m, dependiendo del lado. Con esta configuración, la longitud de conductor será de 26 m.

Se puede utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros  $k_p$  y  $k_r$  de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados anteriormente.

La conexión desde el Centro de Transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/1KV protegido contra daños mecánicos.



### **Tierra de servicio**

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección.

El electrodo escogido para realizar la puesta a tierra de protección tiene las siguientes características:

- Configuración: 5/4 4
- Profundidad del electrodo [m] = 0,5 m
- Número de picas = 4
- Longitud de las picas [m] = 4 m

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia:

$$k_r = 0,0572 \left[ \frac{\Omega}{\Omega \cdot m} \right]$$

- De la tensión de paso:

$$k_p = 0,00919 \left[ \frac{V}{\Omega \cdot A} \right]$$

La puesta a tierra de servicio estará constituida por 4 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo con una sección de 50 mm<sup>2</sup>.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 4 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m y la separación entre cada pica y la siguiente



será de 3 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 9 m.

Se puede utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros  $k_p$  y  $k_r$  de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados anteriormente.

La conexión desde el Centro de Transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre de  $50 \text{ mm}^2$  aislado de 0,6/1KV bajo tubo de plástico protegido contra daños mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a  $37\Omega$ . Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 300 mA no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 V.

Existirá una separación mínima entre picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión.

#### **2.8.11.4. Cálculo de la resistencia de la instalación de tierra**

##### **Tierra de protección**

Con el valor correspondiente al electrodo elegido y multiplicando por la resistividad del terreno, se obtiene el valor de la resistencia de la tierra de protección.

$$R_t = k_r \cdot \rho = 0,056 \frac{\Omega}{\Omega \cdot m} \cdot 500\Omega \cdot m = 28\Omega$$

Donde:

- $R_t$  = Resistencia de puesta a tierra [ $\Omega$ ]
- $k_r$  = Parámetro característico de la resistencia del electrodo [ $\Omega/\Omega \cdot m$ ]





- $\rho$  = Resistividad del terreno [ $\Omega \cdot m$ ]

La intensidad de defecto que se puede producir en la tierra de protección es:

$$I_d = \frac{U_{p \max}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = \frac{13200V}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(38,49\Omega + 28\Omega)^2 + 0^2}} = 114,62A$$

Donde:

- $I_d$  = Intensidad de defecto [A]
- $U_{p \max}$  = Tensión máxima en el primario [V]
- $R_t$  = Resistencia de puesta a tierra [ $\Omega$ ]
- $R_n$  = Resistencia de puesta a tierra del neutro [ $\Omega$ ]
- $X_n$  = Reactancia de puesta a tierra del neutro [ $\Omega$ ]

La tensión de defecto la calculamos mediante la siguiente expresión:

$$U_d = I_d \cdot R_t = 114,62A \cdot 28\Omega = 3209,36V$$

Donde:

- $U_d$  = Tensión de defecto [V]
- $I_d$  = Intensidad de defecto [A]
- $R_t$  = Resistencia de puesta a tierra [ $\Omega$ ]

El aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión del Centro de Transformación deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada, por lo que deberá ser como mínimo 5000 V. De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del Centro.



Comprobamos además que la intensidad de defecto calculada es superior a 100A, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

Por lo tanto, la configuración 70-60/5/4 6 es correcta para el electrodo de puesta a tierra de protección, con una resistencia de 28  $\Omega$ .

### **Tierra de servicio**

De la misma forma que la hemos calculado anteriormente, se obtiene la resistencia de la tierra de servicio.

$$R_t = k_r \cdot \rho = 0,0572 \frac{\Omega}{\Omega \cdot m} \cdot 500\Omega \cdot m = 28,6\Omega < 37\Omega$$

Donde:

- $R_t$  = Resistencia de puesta a tierra [ $\Omega$ ]
- $k_r$  = Parámetro característico de la resistencia del electrodo [ $\Omega/\Omega \cdot m$ ]
- $\rho$  = Resistividad del terreno [ $\Omega \cdot m$ ]

Se cumple la condición necesario y por lo tanto, la configuración 5/4 4 es correcta para el electrodo de puesta a tierra de servicio, con una resistencia de 28,6  $\Omega$ .

### **2.8.11.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación**

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Los muros, entre sus parámetros tendrán una resistencia de 10000 $\Omega$ .



Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U_{p_{ext}} = k_p \cdot \rho \cdot I_d = 0,0113 \frac{V}{\Omega \cdot A} \cdot 500 \Omega \cdot m \cdot 114,62 A = 647,6V$$

- $U_{p_{ext}}$  = Tensión de paso en el exterior [V]
- $k_p$  = Parámetro característico de la tensión de paso del electrodo [ $V/\Omega \cdot A$ ]
- $\rho$  = Resistividad del terreno [ $\Omega \cdot m$ ]
- $I_d$  = Corriente de defecto [A]

#### **2.8.11.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación**

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electro-soldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm, formando una retícula no superior a 0,3x0,3 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro de Transformación. Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

No obstante, la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior:



$$U_{pacc} = k_c \cdot \rho \cdot I_d = 0,0215 \frac{V}{\Omega \cdot A \cdot m} \cdot 500 \Omega \cdot m \cdot 114,62 A = 1232,2V$$

Donde:

- $U_{pacc}$  = Tensión de paso en el acceso al Centro de Transformación [V]
- $k_c$  = Parámetro característico de la tensión de contacto del electrodo [ $V/\Omega \cdot A \cdot m$ ]
- $\rho$  = Resistividad del terreno [ $\Omega \cdot m$ ]
- $I_d$  = Corriente de defecto [A]

#### 2.8.11.7. Cálculo de las tensiones máximas aplicadas

La tensión máxima de contacto aplicada que puede aceptarse según el reglamento MIE-RAT-13 es:

$$U_{ca} = \frac{K}{t^n} = \frac{78,5}{1^{0,18}} = 78,5V$$

Donde:

- $U_{ca}$  = Tensión máxima de contacto aplicada [V]
- $t$  = Tiempo de duración del defecto [s]

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro de Transformación, emplearemos las siguientes expresiones:

$$U_{pextaplicada} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000}\right) = \frac{10 \cdot 78,5}{1^{0,18}} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 500 \Omega \cdot m}{1000}\right) = 3140V$$

$$U_{paccaplicada} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho'}{1000}\right) = \frac{10 \cdot 78,5}{1^{0,18}} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 500 \Omega \cdot m + 3 \cdot 3000 \Omega \cdot m}{1000}\right) = 9027,5V$$



Donde:

- $U_{\text{pextaplicada}}$  = Tensión máxima de contacto aplicada [V]
- $U_{\text{paccaplicada}}$  = Tensión máxima de contacto aplicada [V]
- $t$  = Tiempo de duración del defecto [s]
- $\rho$  = Resistividad del terreno [ $\Omega \cdot m$ ]
- $\rho'$  = Resistividad del hormigón [ $\Omega \cdot m$ ] = 3000  $\Omega \cdot m$

Por último, realizamos las comprobaciones pertinentes para asegurar la correcta elección de las tierras elegidas para el Centro de Transformación.

$$U_{\text{pext}} = 647,6V < U_{\text{pextaplicada}} = 3140V$$

$$U_{\text{pacc}} = 1232,2V < U_{\text{paccaplicada}} = 9027,5V$$

#### **2.8.11.8. Separación mínima entre los electrodos de la puesta a tierra de protección y la puesta a tierra de servicio**

Con el objetivo de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas que puedan afectar a las instalaciones de los usuarios cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la siguiente expresión:

$$D_{\text{min}} = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot 1000} = \frac{500\Omega \cdot m \cdot 114,62A}{2 \cdot \pi \cdot 1000} = 9,12m$$

Donde:

- $D_{\text{min}}$  = Distancia mínima entre los electrodos de protección y servicio [m]
- $\rho$  = Resistividad del terreno [ $\Omega \cdot m$ ]
- $I_d$  = Corriente de defecto [A]



#### **2.8.11.9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo**

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirán éstas mediante la disposición de una capa aislante en la tierra del centro, con una alfombra aislante en el suelo del Centro o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

Pamplona, a 27 de junio de 2011.

Fdo.: Miguel González Muro



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN PARA NAVE INDUSTRIAL.

PLANOS

Miguel González Muro

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, a 27 de junio de 2011



### **3. PLANOS**





## ÍNDICE

3.1. PLANO DE SITUACIÓN.....	1
3.2. PLANO DE EMPLAZAMIENTO DE LA NAVE.....	2
3.3. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA. SITUACIÓN DE CUADROS Y MAQUINARIA...	3
3.4. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA. CIRCUITO DE ALUMBRADO.....	4
3.5. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA. CIRCUITO DE FUERZA.....	5
3.6. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA. CIRCUITO DE SEÑALIZACIÓN Y EMERGENCIA.....	6
3.7. PUESTA A TIERRA DE LA NAVE.....	7
3.8. ALZADOS Y SECCIÓN DEL PUESTA GRÚA.....	8
3.9. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN.....	9
3.10. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO PLANTA BAJA Y PRIMERA DE OFICINAS.....	10
3.11. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO SEGUNDA PLANTA OFICINAS.....	11
3.12. ESQUEMA UNIFILAR Y MANIOBRA CUADRO SECUNDARIO TALLER.....	12
3.13. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO MAQUINARIA.....	13
3.14. ESQUEMA UNIFILAR Y MANIOBRA CUADRO SECUNDARIO ALMACÉN..	14



3.15. ESQUEMA UNIFILAR CUADROS T.C.....	15
3.16. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. DISTRIBUCIÓN E INSTALACIONES.....	16
3.17. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. PUESTA A TIERRA.....	17
3.18. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. ESQUEMA UNIFILAR.....	18



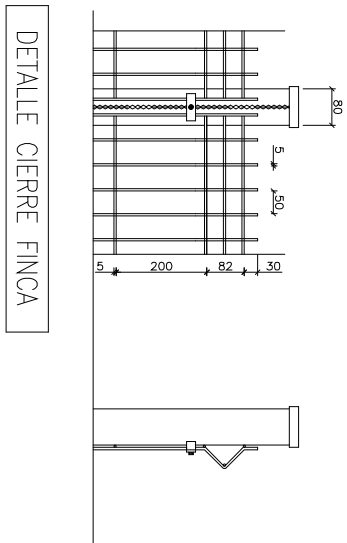
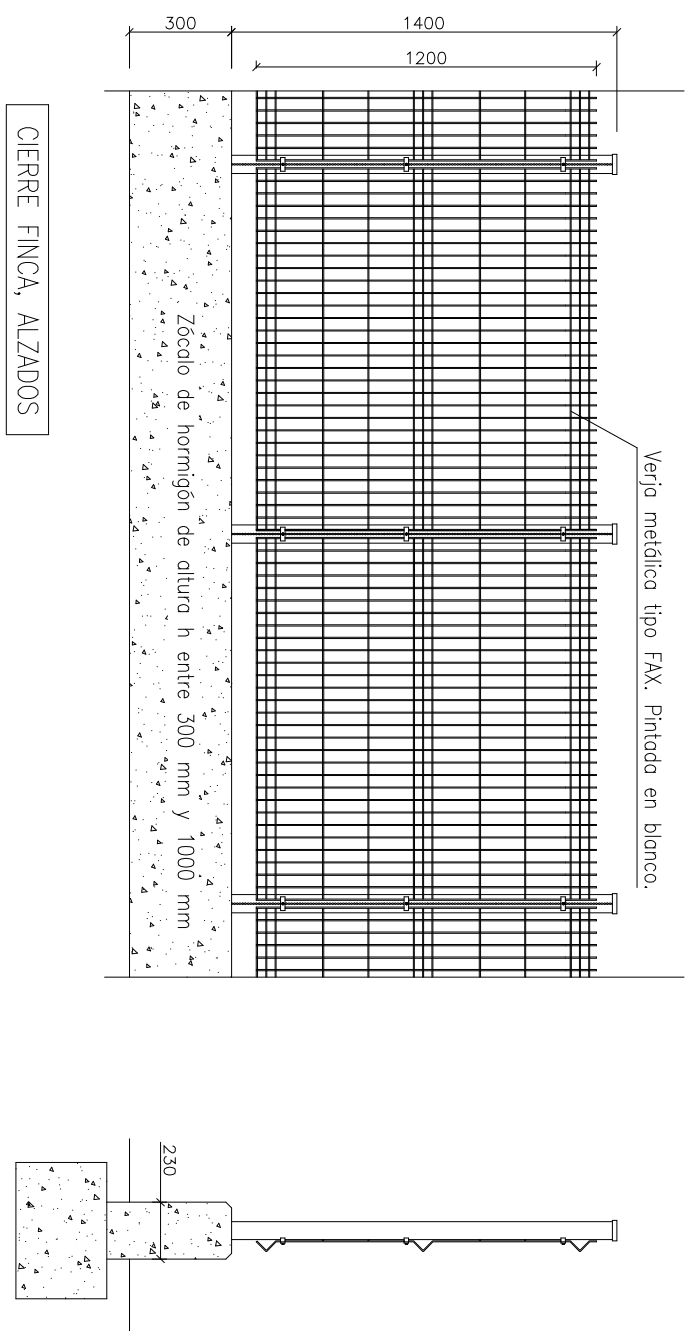
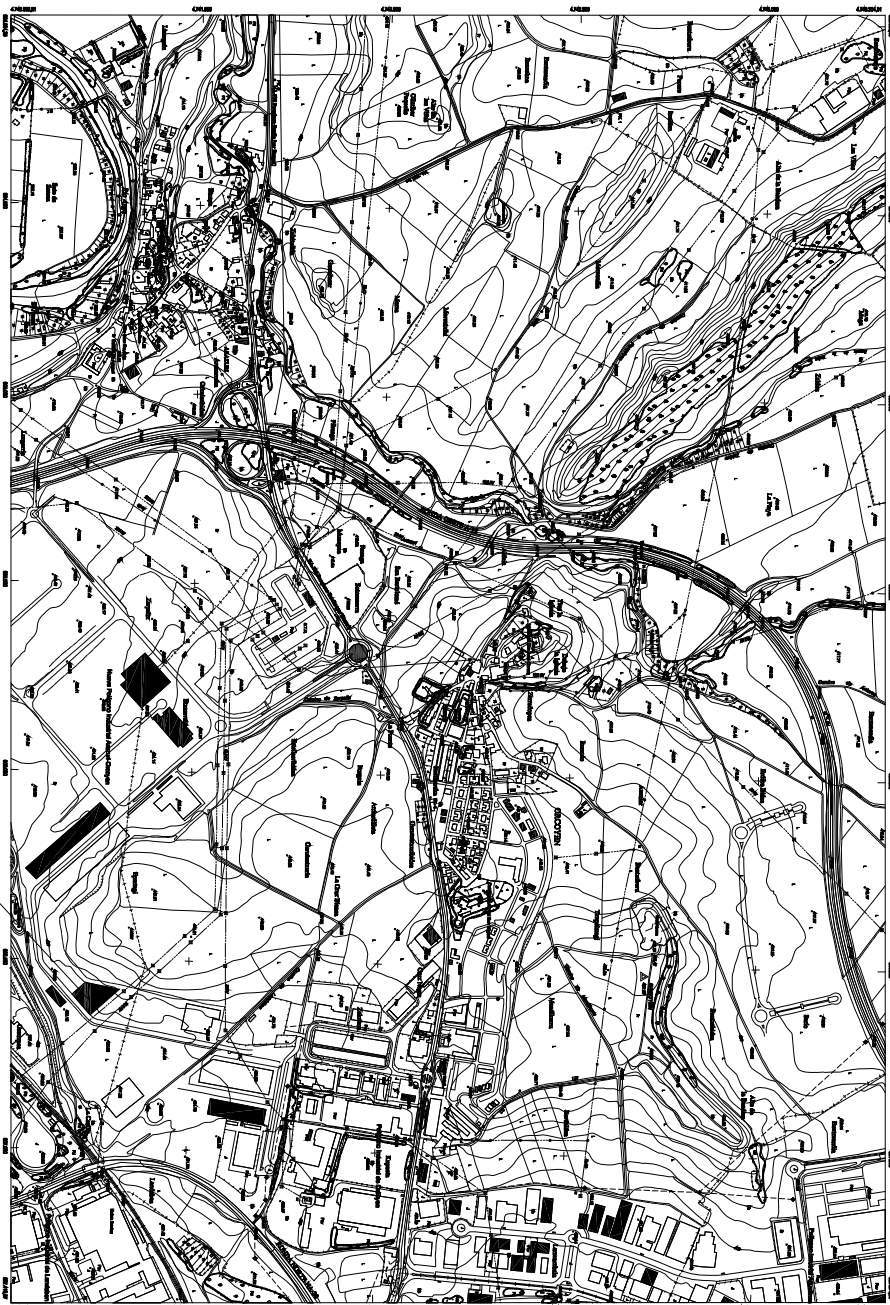
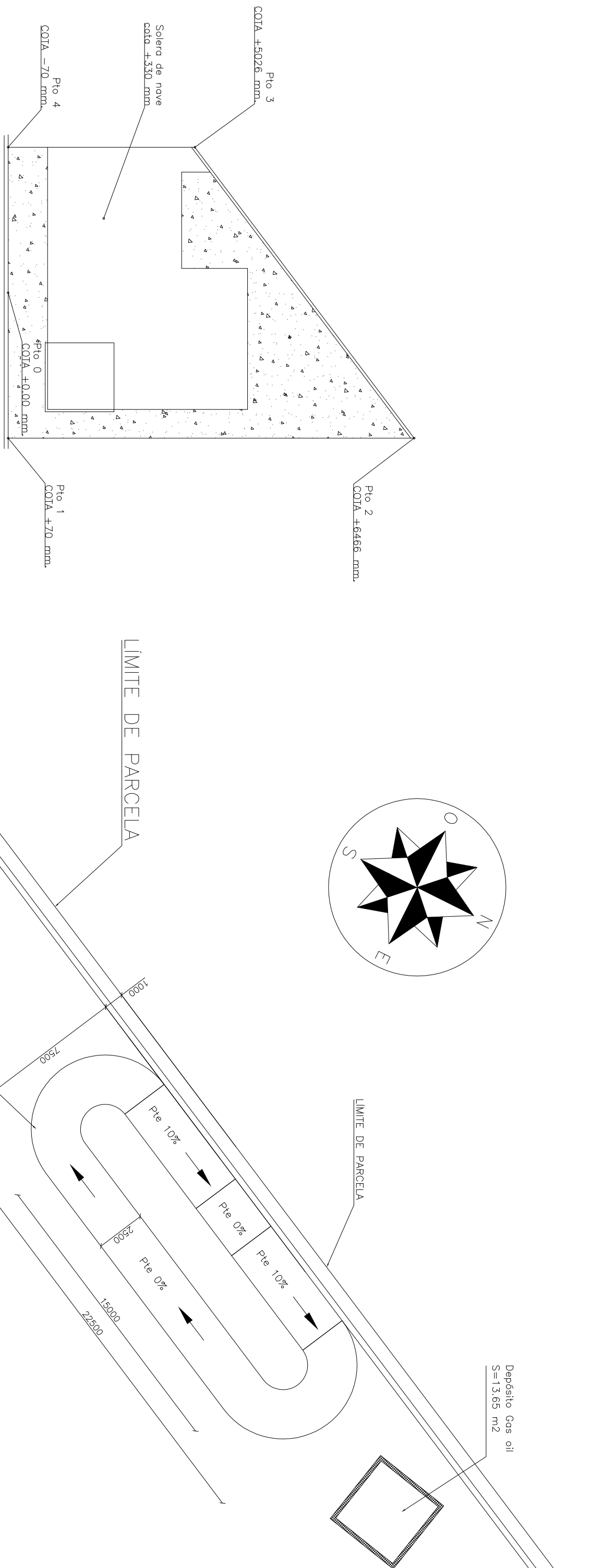
Pamplona, a 27 de junio de 2011.

Fdo.: Miguel González Muro









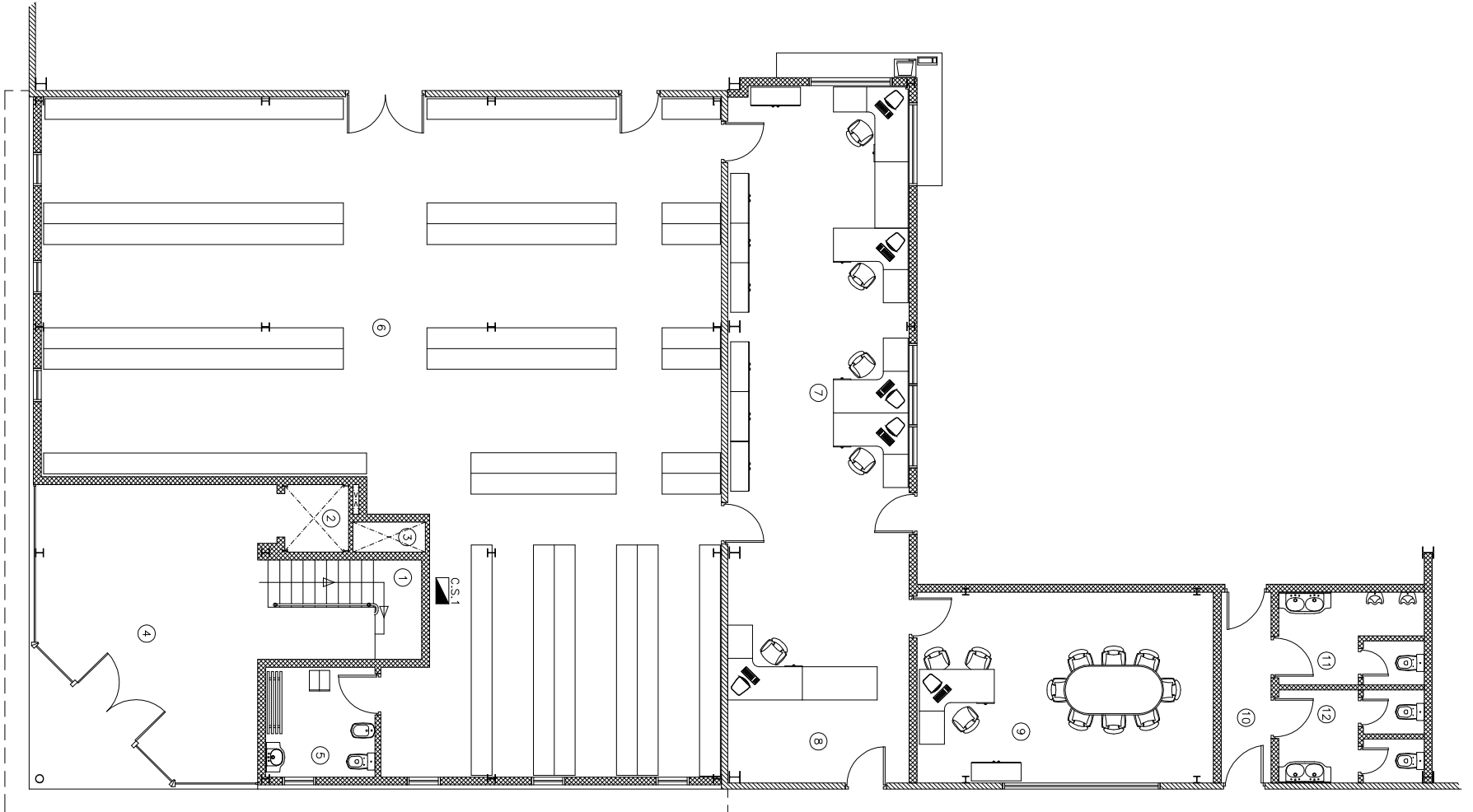
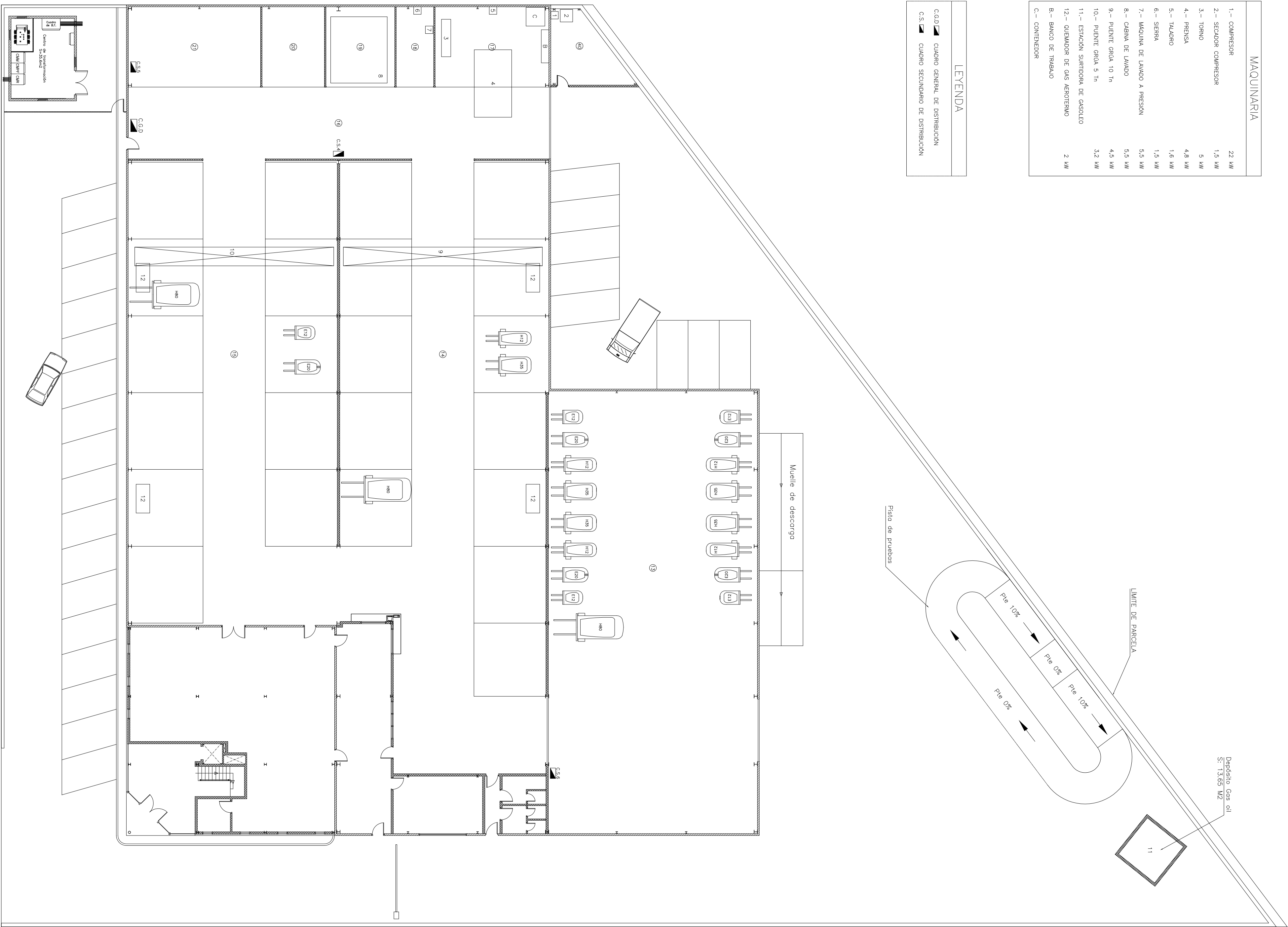
CUADRO DE SUPERFICIES	
TOTAL PARCELA: 5547,8 m <sup>2</sup>	
TOTAL PATIO+NAVES: 5395,80 m <sup>2</sup>	
TOTALES PLANTA BAJA: 2783,45 m <sup>2</sup>	
TOTALES CONSTRUIDOS: 3493,68 m <sup>2</sup>	
TOTAL PATIO: 2612,35 m <sup>2</sup>	
NAVE 1: 843,9 m <sup>2</sup>	
NAVE 2: 1132,9 m <sup>2</sup>	
NAVE 3: 592,90 m <sup>2</sup>	
ALMACÉN: 28,50 m <sup>2</sup>	
EDIFICIO ADMINISTRACIÓN (PLANTA BAJA): 388,96 m <sup>2</sup>	
EDIFICIO ADMINISTRACIÓN (PRIMERA PLANTA): 408,86 m <sup>2</sup>	
EDIFICIO ADMINISTRACIÓN (SEGUNDA PLANTA) 285,56 m <sup>2</sup>	

PROYECTO:		DEPARTAMENTO:	
Universidad Pública de Navarra		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL (B)		REALIZADO:	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL		MIGUEL GONZÁLEZ MUÑO	
PLANO: PLANO DE EMPLAZAMIENTO DE LA NAVE INDUSTRIAL		FIRMA:	
FECHA: 13-6-2011		ESCALA: 1:2000	
IN P.L.A.		IN P.L.A.	
1:200		02	

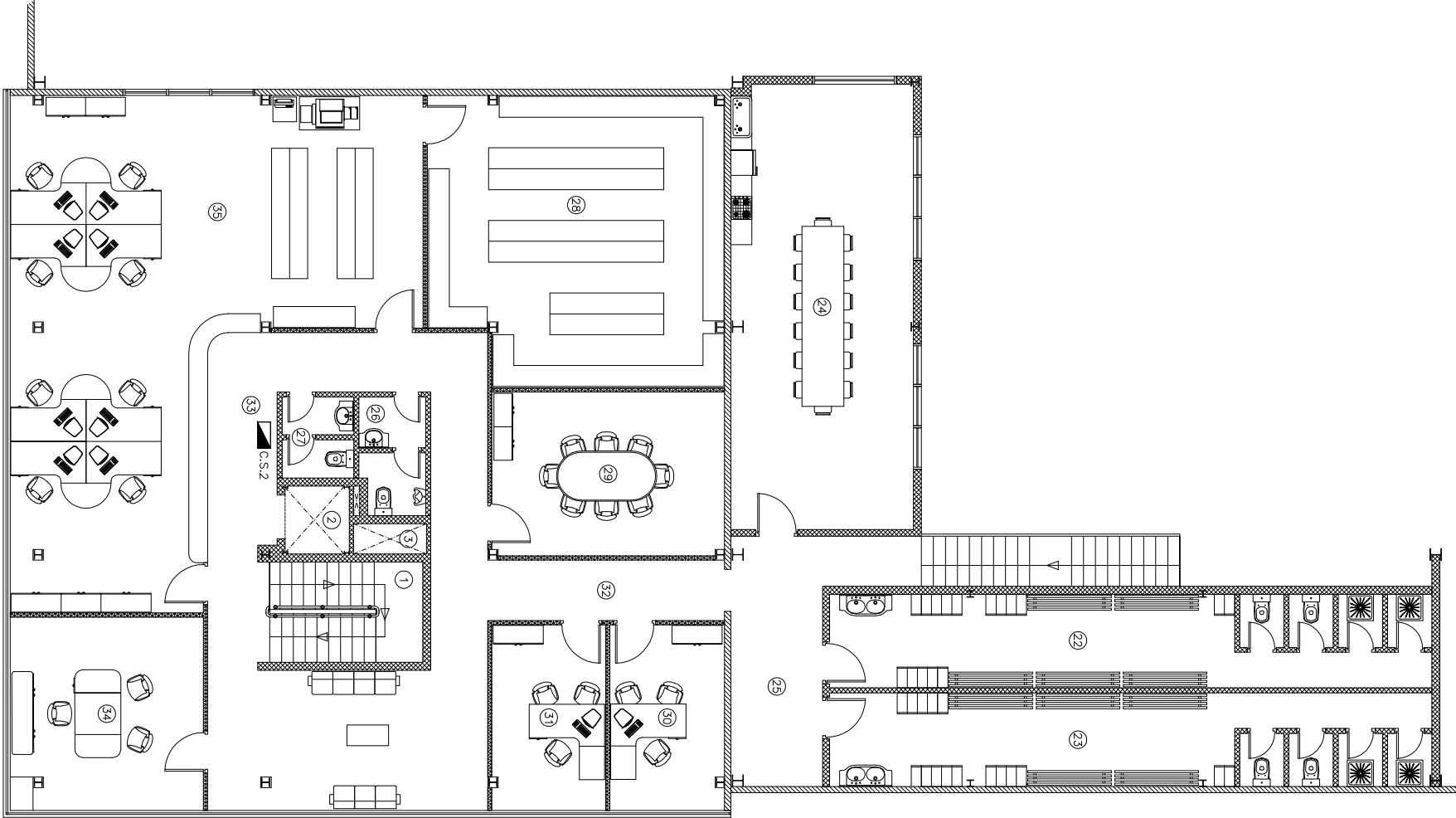


MAQUINARIA	
1.- COMPRESOR	22 kW
2.- SECADOR COMPRESOR	1,5 kW
3.- TORNIO	5 kW
4.- PRESA	4,8 kW
5.- TALADRO	1,6 kW
6.- SIERRA	1,5 kW
7.- MAQUINA DE LAMAZO A PRESION	5,5 kW
8.- OBRA DE LAMADO	5,5 kW
9.- PLENTE GRUA 10 tn	4,5 kW
10.- PLENTE GRUA 5 tn	3,2 kW
11.- ESTACION SURTIDORA DE GASOLEO	
12.- QUIMADOR DE GAS AEROTRIMO	2 kW
B.- BANCO DE TRABAJO	
C.- CONTENDOR	

LEYENDA	
C.C.O. ▀	CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCION
C.S. ▀	CUADRO SECUNDARIO DE DISTRIBUCION



PLANTA PRIMERA  
(Cuello terminado o cota +3,35 m)



PLANTA PRIMERA  
(cuello terminado o cota +3,35 m)

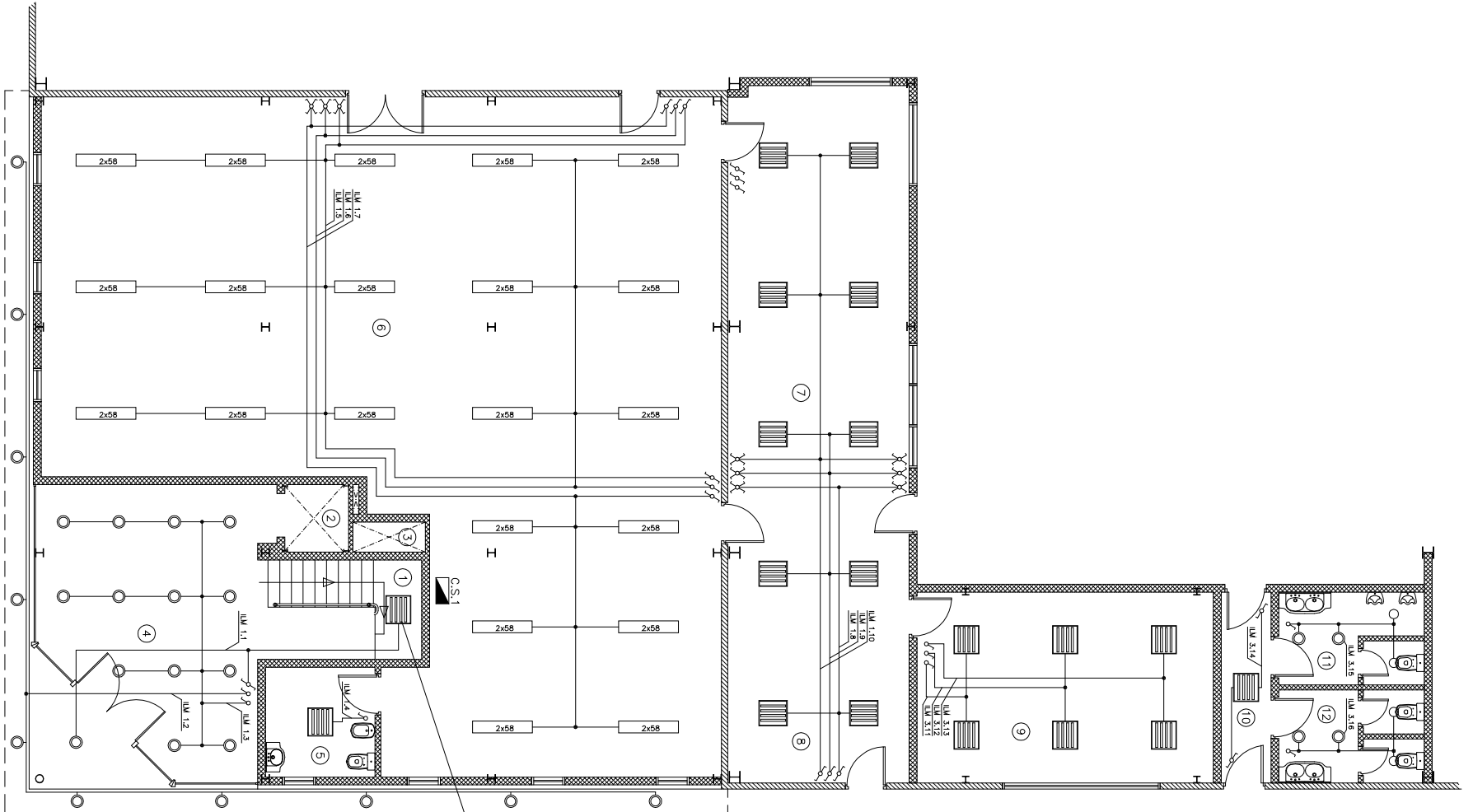
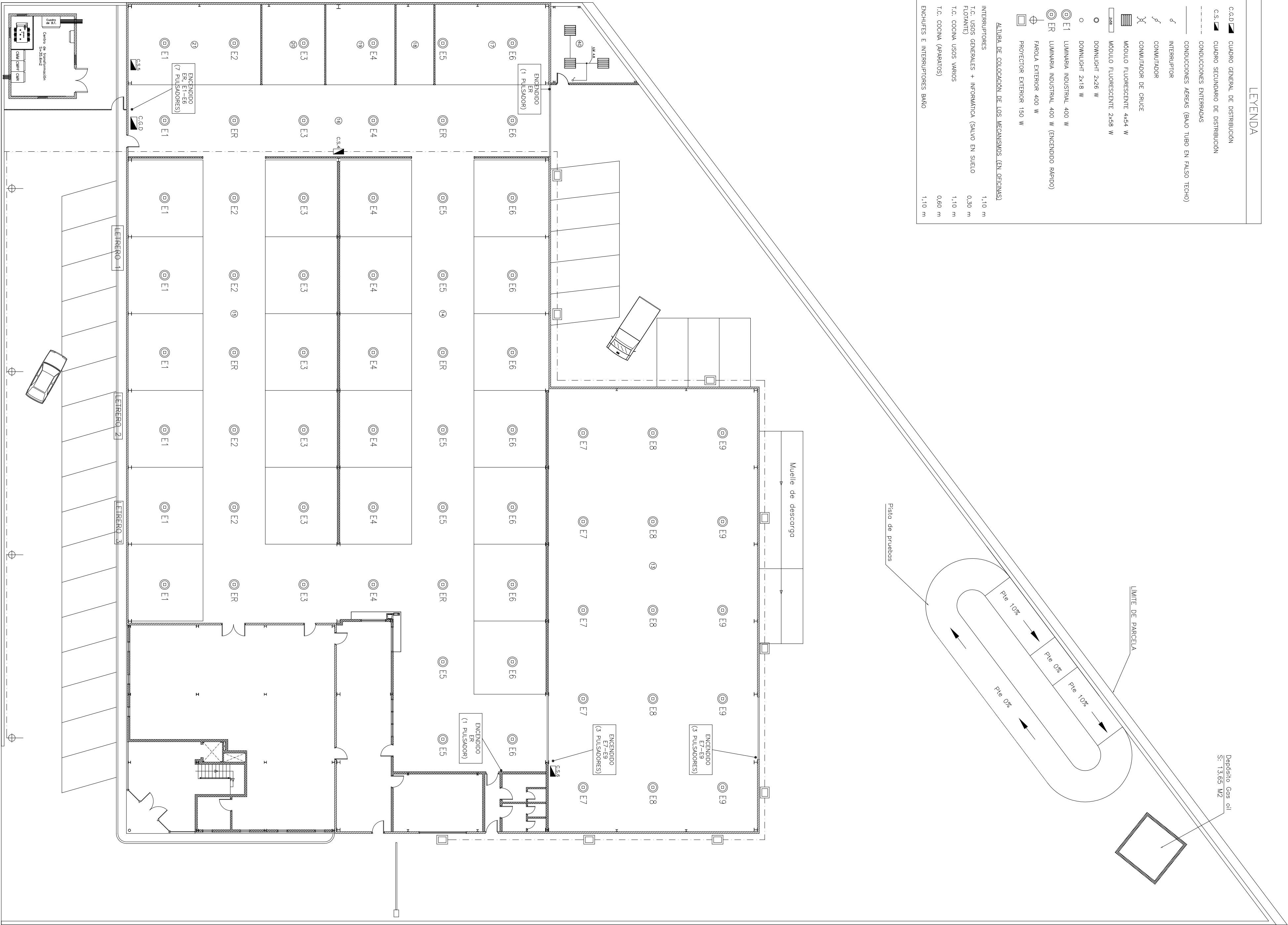
CUADRO DE SUPERFICIES PLANTA BAJA		CUADRO DE SUPERFICIES PRIMERA PLANTA		CUADRO DE SUPERFICIES SEGUNDA PLANTA	
1	Escritorio	1	Escritorio	1	Escritorio
2	Almacén	2	Almacén	2	Almacén
3	Huaca de instalaciones	3	Huaca de instalaciones	3	Huaca de instalaciones
4	Oficina de diseño	4	Oficina de diseño	4	Oficina de diseño
5	Oficina de diseño	5	Oficina de diseño	5	Oficina de diseño
6	Almacén de repuestos	6	Almacén de repuestos	6	Almacén de repuestos
7	Oficina de taller y repuestos	7	Oficina de taller y repuestos	7	Oficina de taller y repuestos
8	Receptor de potencia	8	Receptor de potencia	8	Receptor de potencia
9	Oficina de taller del taller	9	Oficina de taller del taller	9	Oficina de taller del taller
10	Almacén de repuestos	10	Almacén de repuestos	10	Almacén de repuestos
11	Huaca de taller	11	Huaca de taller	11	Huaca de taller
12	Huaca de taller	12	Huaca de taller	12	Huaca de taller
13	Huaca de taller	13	Huaca de taller	13	Huaca de taller
14	Huaca de taller	14	Huaca de taller	14	Huaca de taller
15	Huaca de taller	15	Huaca de taller	15	Huaca de taller
16	Huaca de taller	16	Huaca de taller	16	Huaca de taller
17	Huaca de taller	17	Huaca de taller	17	Huaca de taller
18	Huaca de taller	18	Huaca de taller	18	Huaca de taller
19	Huaca de taller	19	Huaca de taller	19	Huaca de taller
20	Huaca de taller	20	Huaca de taller	20	Huaca de taller
21	Huaca de taller	21	Huaca de taller	21	Huaca de taller
TOTAL		TOTAL		TOTAL	

CONSTRUCCIÓN (MATERIALES)	
622000	ALACERACION PRESTACION +1500mm
622000	BLOQUE INCLINADO 10x40x10, 15x40x10 y 20x40x10mm
622000	MATERIA PRESTACION +1500mm

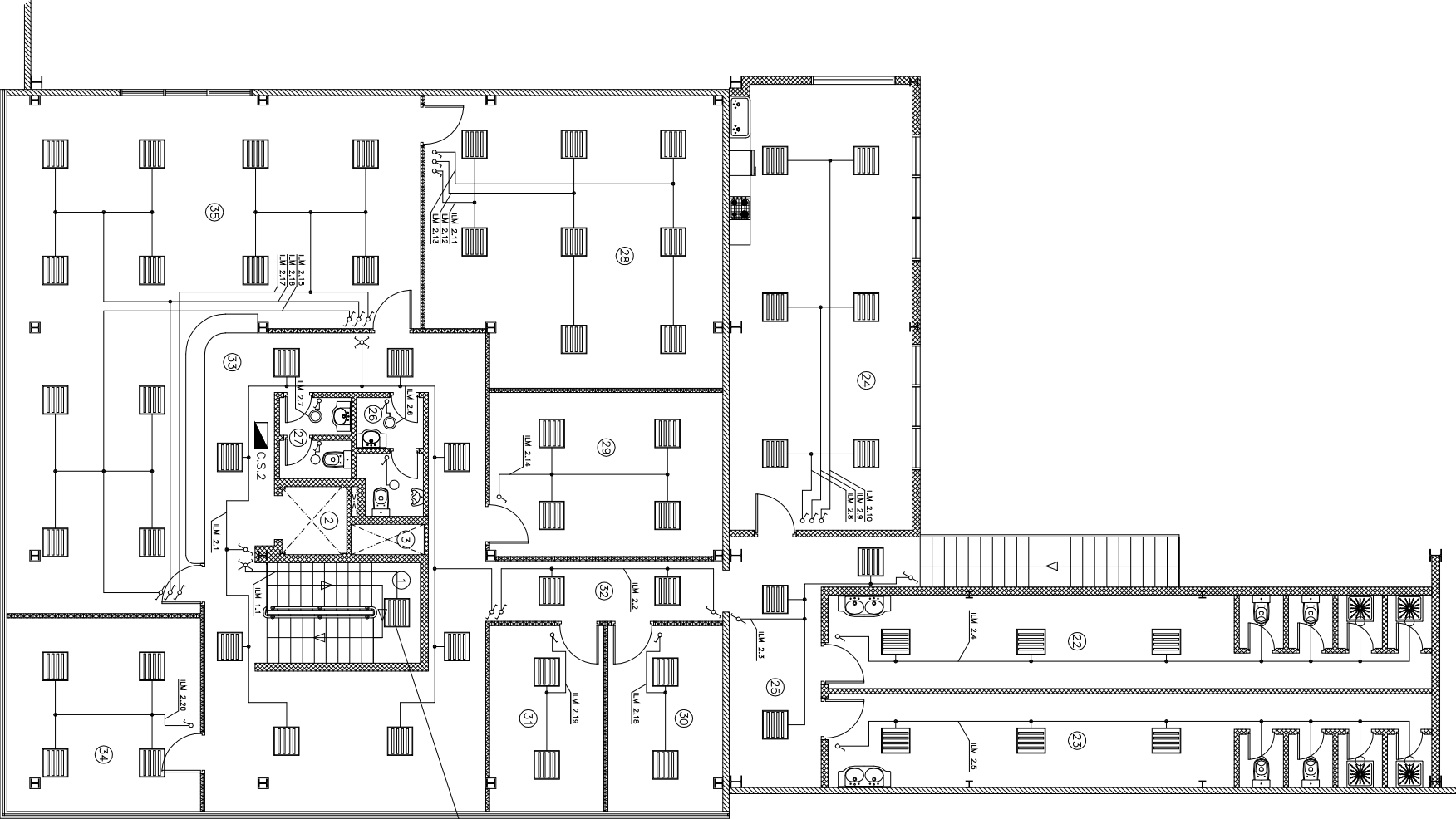
PROYECTO:		REALIZADO:	
UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA		MIGUEL GONZÁLEZ MUÑO	
INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL (B)		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE NAIVE INDUSTRIAL		FECHA: 27-6-2011	
CUADROS Y MAQUINARIA		ESCALA: 1:200	
		FIRMA: IN P.L.A.	
		1:150	



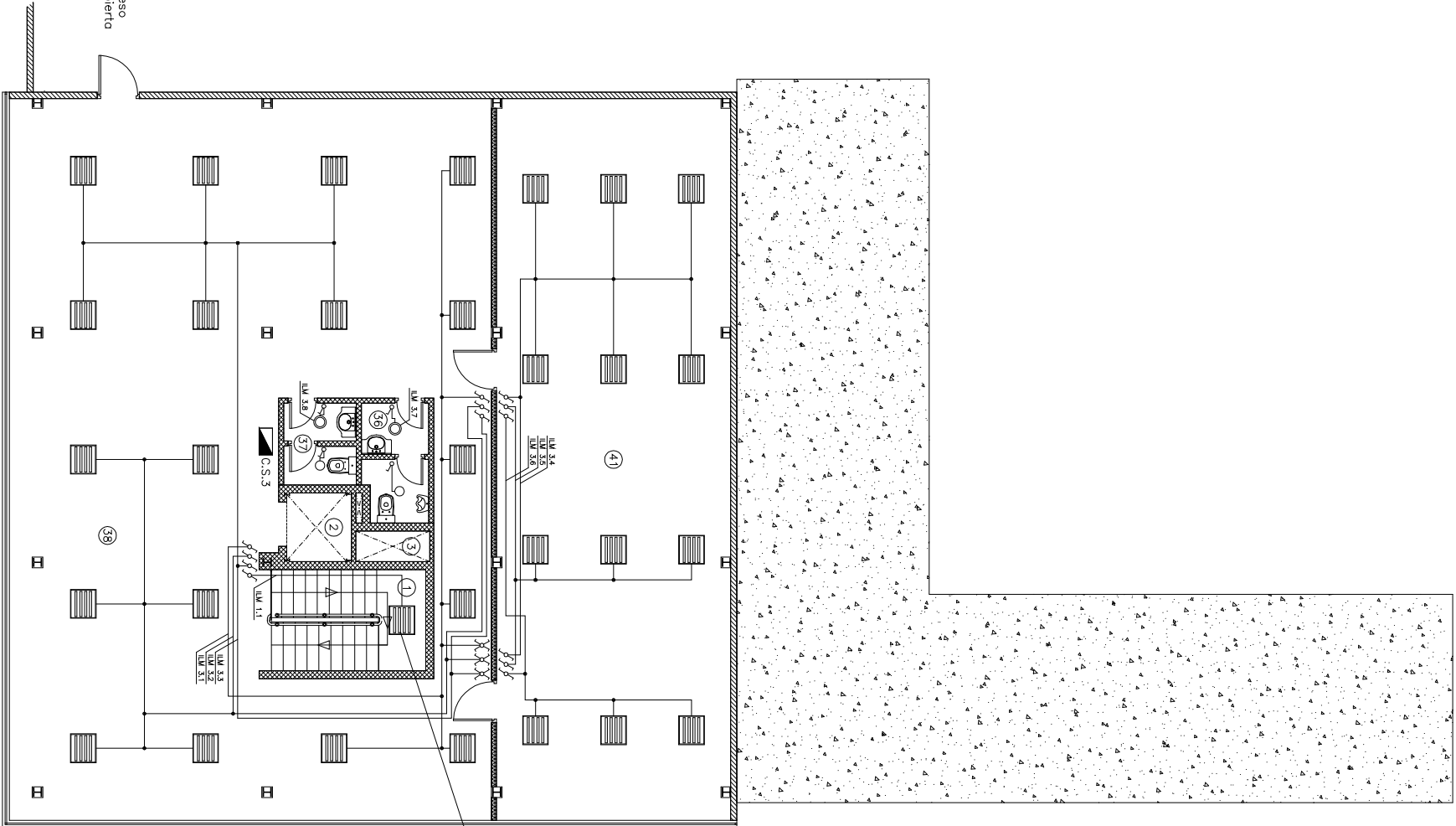
LEYENDA	
C.C.O. ▣	CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCION
C.S. ▣	CUADRO SECUNDARIO DE DISTRIBUCION
---	CONDUCCIONES INTERMEDIAS
---	CONDUCCIONES AERIAS (BAJO TIPO EN FALSO TECHO)
$\delta$	INTERFROTE
$\delta$	CONJUNTO
$\delta$	MODULO FLUORESCENTE 4x4 W
$\delta$	MODULO FLUORESCENTE 2x8 W
$\delta$	DOWNLIGHT 2x18 W
$\delta$	DOWNLIGHT 2x28 W
$\delta$	LUMINARIA INDUSTRIAL 400 W (ENCUENCO 84910)
$\delta$	LUMINARIA INDUSTRIAL 400 W (ENCUENCO 84910)
$\delta$	PROTECTOR EXTERIOR 150 W
ALTURA DE COLOCACION DE LOS MECANISMOS (EN DECIMAS)	
INTERFROTES	1,10 m
T.C. USOS GENERALES + INFORMÁTICA (SALVO EN SUELO FLOTANTE)	0,30 m
T.C. COCINA USOS VARIOS	1,10 m
T.C. COCINA (APARATOS)	0,60 m
ENCUENOS E INTERFROTES BAJO	1,10 m



PLANTA PRIMERA  
(Cuarto terminado o cota +0.00 m)



PLANTA PRIMERA  
(Cuarto terminado o cota +0.00 m)



PLANTA SEGUNDA  
(Cuarto terminado o cota +6.7 m)

CUADRO DE SUPERFICIES PLANTA BAJA	
1	Escritorio
2	Receptor
3	Receptor
4	Receptor
5	Receptor
6	Receptor
7	Receptor
8	Receptor
9	Receptor
10	Receptor
11	Receptor
12	Receptor
13	Receptor
14	Receptor
15	Receptor
16	Receptor
17	Receptor
18	Receptor
19	Receptor
20	Receptor
21	Receptor
TOTAL	22934,95 m2

CUADRO DE SUPERFICIES PLANTA PRIMERA	
1	Escritorio
2	Receptor
3	Receptor
4	Receptor
5	Receptor
6	Receptor
7	Receptor
8	Receptor
9	Receptor
10	Receptor
11	Receptor
12	Receptor
13	Receptor
14	Receptor
15	Receptor
16	Receptor
17	Receptor
18	Receptor
19	Receptor
20	Receptor
21	Receptor
TOTAL	4689,90 m2

CUADRO DE SUPERFICIES SEGUNDA PLANTA	
1	Escritorio
2	Receptor
3	Receptor
4	Receptor
5	Receptor
6	Receptor
7	Receptor
8	Receptor
9	Receptor
10	Receptor
11	Receptor
12	Receptor
13	Receptor
14	Receptor
15	Receptor
16	Receptor
17	Receptor
18	Receptor
19	Receptor
20	Receptor
21	Receptor
TOTAL	2855,55 m2

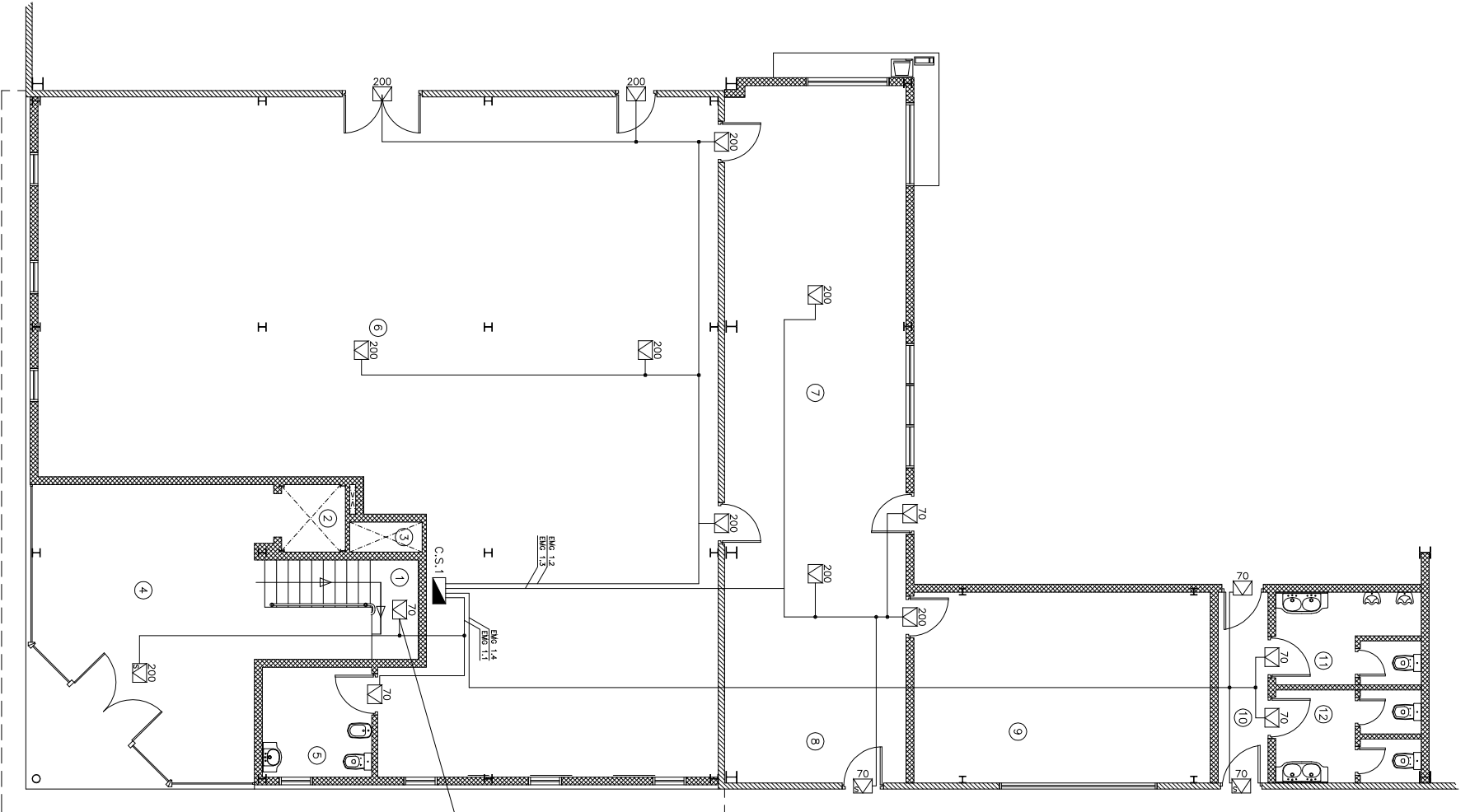
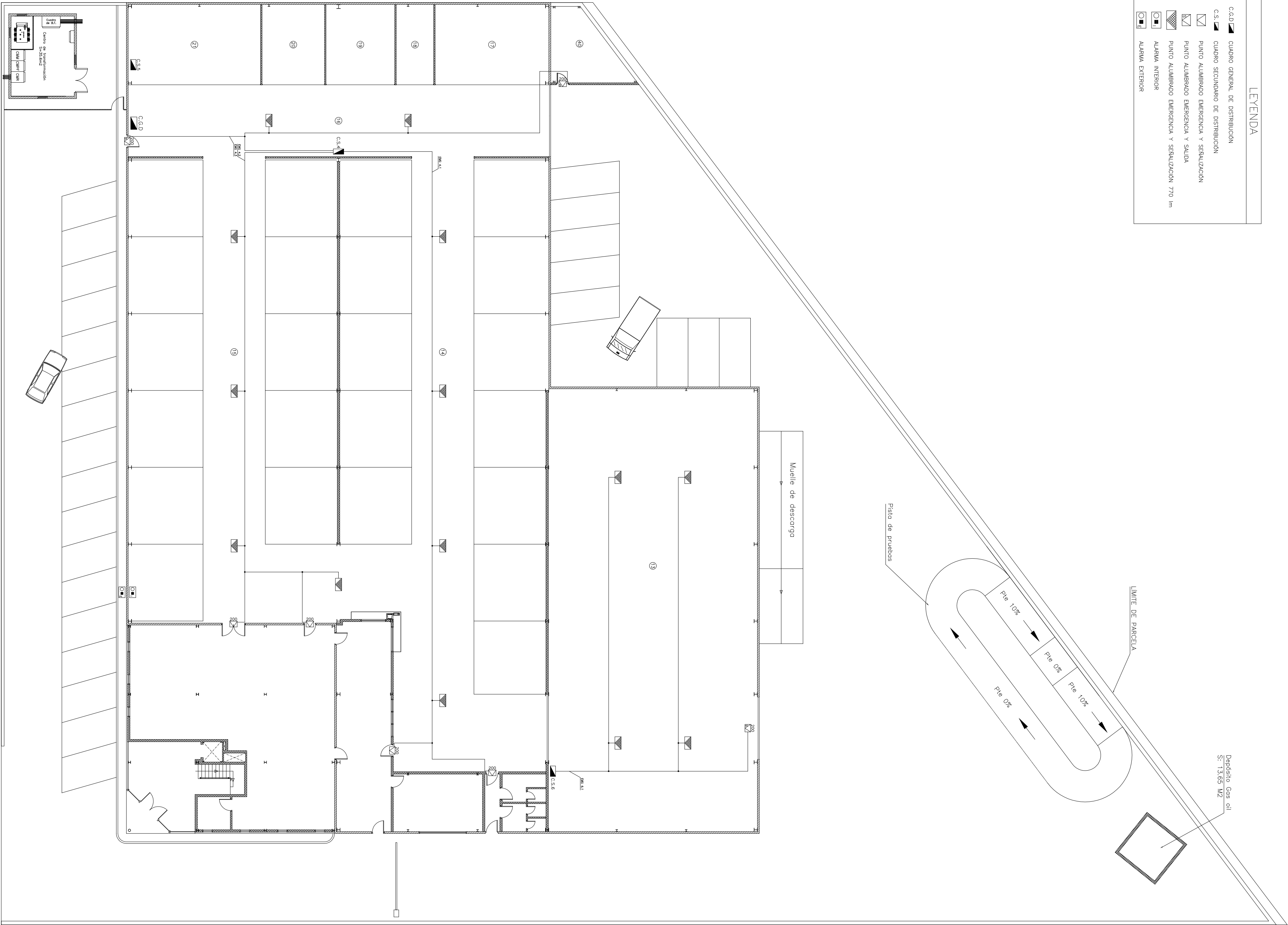
CUADRO DE SUPERFICIES PLANTA	
1	Escritorio
2	Receptor
3	Receptor
4	Receptor
5	Receptor
6	Receptor
7	Receptor
8	Receptor
9	Receptor
10	Receptor
11	Receptor
12	Receptor
13	Receptor
14	Receptor
15	Receptor
16	Receptor
17	Receptor
18	Receptor
19	Receptor
20	Receptor
21	Receptor
TOTAL	3549,96 m2



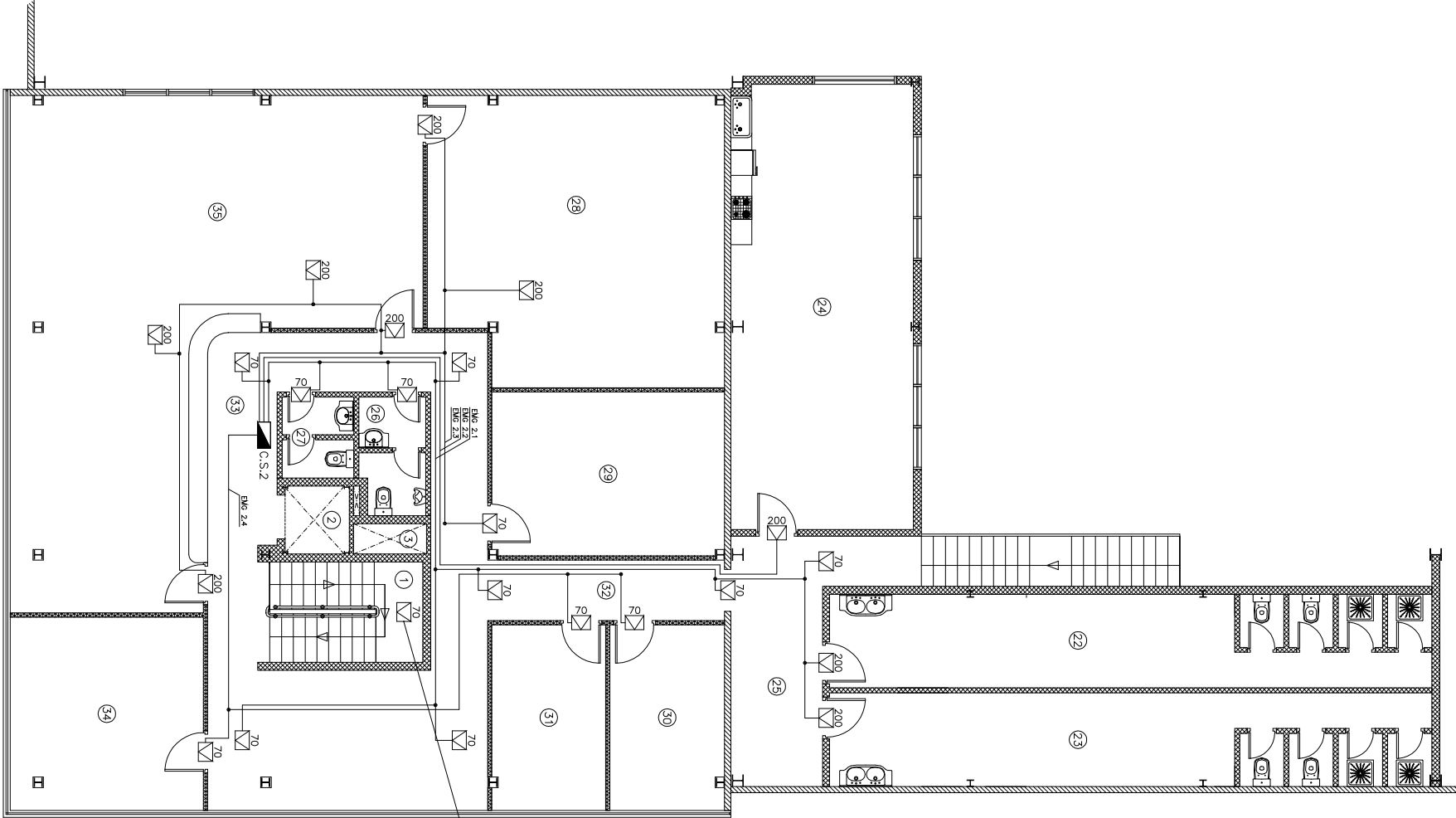




LEYENDA	
	CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCION
	CUADRO SECUNDARIO DE DISTRIBUCION
	PUNTO ALUMBRADO EMERGENCIA Y SEÑALIZACION
	PUNTO ALUMBRADO EMERGENCIA Y SEÑALIZACION
	PUNTO ALUMBRADO EMERGENCIA Y SEÑALIZACION 770 lm
	ALARMA INTERIOR
	ALARMA EXTERIOR



PLANTA PRIMERA  
(Cuarto terminado o cota +3,35 m)

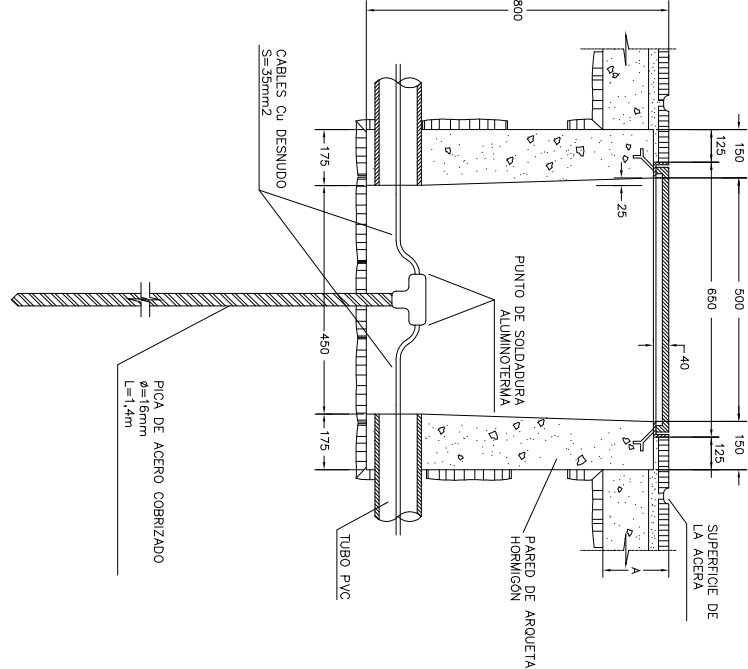
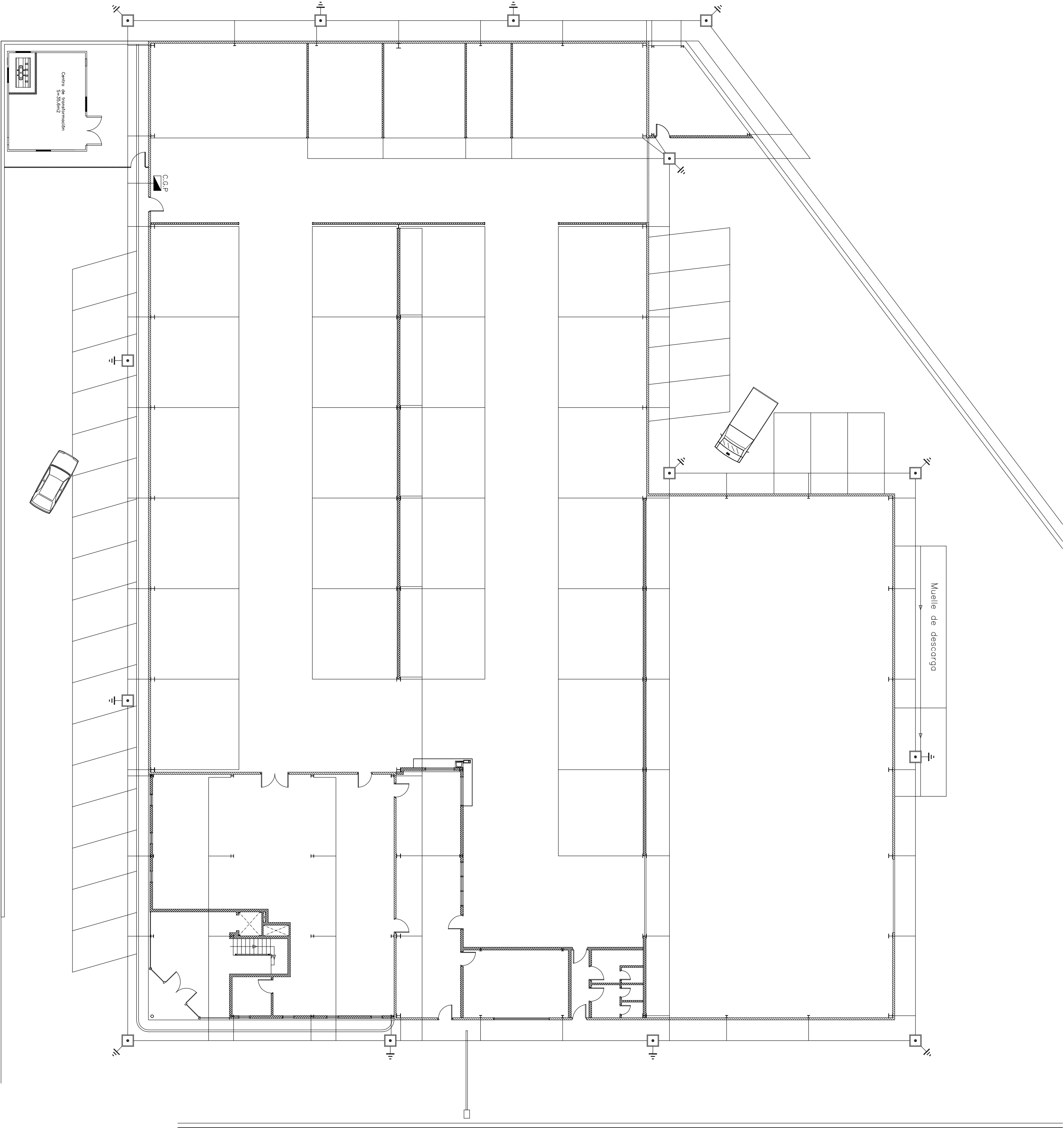


PLANTA PRIMERA  
(Cuarto terminado o cota +3,35 m)

CUADRO DE SUPERFICIES PLANTA BAJA		CUADRO DE SUPERFICIES PRIMERA PLANTA		CUADRO DE SUPERFICIES SEGUNDA PLANTA	
1	Escuelas	1	Escuelas	1	Escuelas
2	Almacén	2	Almacén	2	Almacén
3	Huaca de indios	3	Huaca de indios	3	Huaca de indios
4	Huaca de indios	4	Huaca de indios	4	Huaca de indios
5	Huaca de indios	5	Huaca de indios	5	Huaca de indios
6	Huaca de indios	6	Huaca de indios	6	Huaca de indios
7	Huaca de indios	7	Huaca de indios	7	Huaca de indios
8	Huaca de indios	8	Huaca de indios	8	Huaca de indios
9	Huaca de indios	9	Huaca de indios	9	Huaca de indios
10	Huaca de indios	10	Huaca de indios	10	Huaca de indios
11	Huaca de indios	11	Huaca de indios	11	Huaca de indios
12	Huaca de indios	12	Huaca de indios	12	Huaca de indios
13	Huaca de indios	13	Huaca de indios	13	Huaca de indios
14	Huaca de indios	14	Huaca de indios	14	Huaca de indios
15	Huaca de indios	15	Huaca de indios	15	Huaca de indios
16	Huaca de indios	16	Huaca de indios	16	Huaca de indios
17	Huaca de indios	17	Huaca de indios	17	Huaca de indios
18	Huaca de indios	18	Huaca de indios	18	Huaca de indios
19	Huaca de indios	19	Huaca de indios	19	Huaca de indios
20	Huaca de indios	20	Huaca de indios	20	Huaca de indios
21	Huaca de indios	21	Huaca de indios	21	Huaca de indios
TOTAL	2733,50 m²	TOTAL	2733,50 m²	TOTAL	2733,50 m²

CONSTRUCCIÓN (MATERIALES)	
622000	CLAY LAMINACIÓN PRESTACION +150mm.
622000	BLIQUE INDICACIÓN 10x40x10, 15x40x10 y 20x40x10mm.
622000	MATERIA PREPARADA +150mm.

		<b>ET.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
Proyecto:		Realizado:		Firma:	
Instalación eléctrica en B.T. y centro de transformación de nave industrial		Miguel González Muro		Fecha:	
Plano:		Escala:		Fecha:	
Señalización y emergencia		1:200		1:200	
		1:150		1:150	



ARQUETA DE PUESTA A TIERRA

LEYENDA

CABLE DE CU DESNUDO 35 mm<sup>2</sup>.

PROFUNDIDAD DE ENTERRAMIENTO: 80 cm.

COLOCACIÓN: PERIMETRO EXTERIOR NAVE, ANTES DE CIMENTACIÓN

PICA DE TIERRA, L=1,4 m, ø16 mm, ACERO GALVANIZADO, EN ARQUETA.

PROFUNDIDAD DE ENTERRAMIENTO: 80 cm.

UNIONES PICA-CABLE MEDIANTE SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA.

PASOS ARQUETAS CON TUBO DE PVC ø90 mm, 1,8-4 atm.

ARQUETA PREFABRICADA DE 50x50 mm.

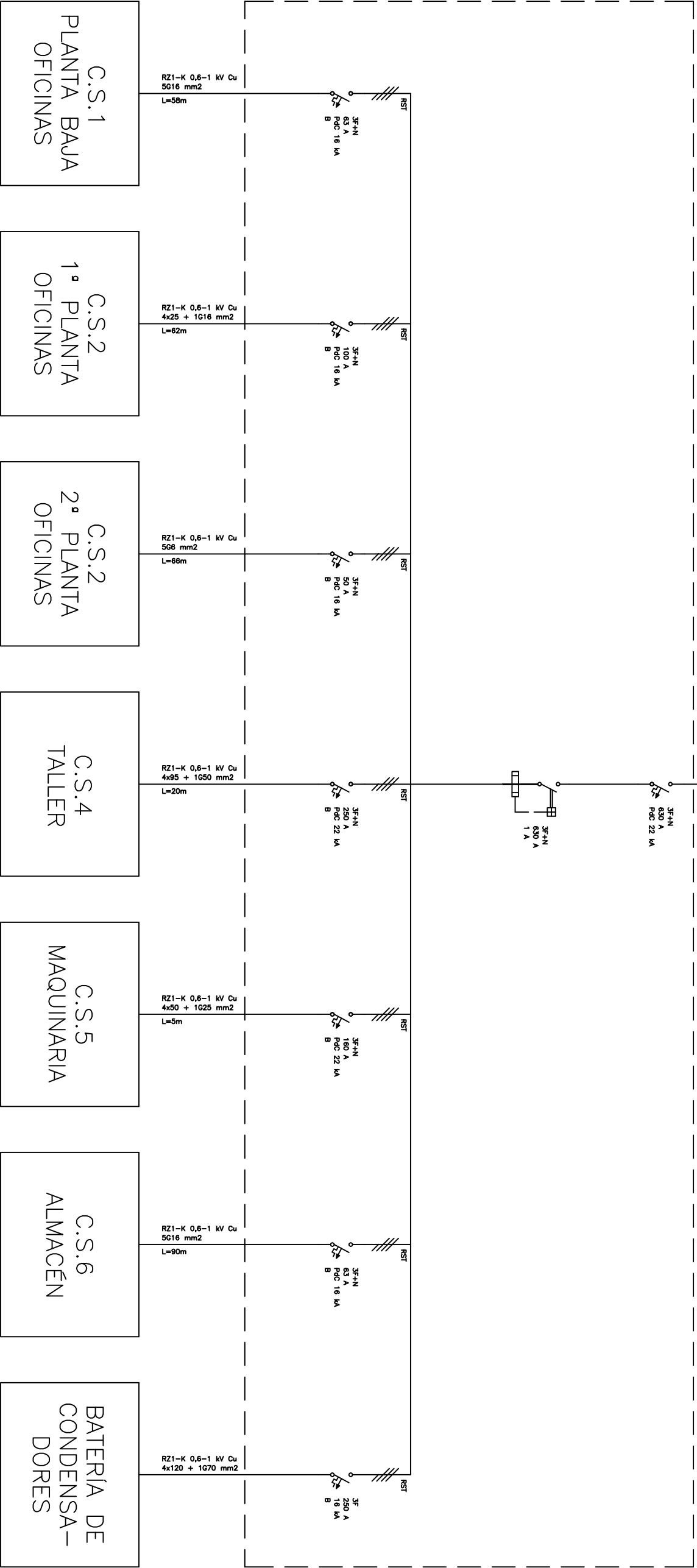
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
			INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL (E)				
PROYECTO:	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL				REALIZADO: MIGUEL GONZÁLEZ MURO		
PLANO:	PUESTA A TIERRA DE LA NAVE				FIRMA:		
					FECHA: 27-6-2011	ESCALA: 1:200	Nº PLANO: 07
							





CENTRO DE TRANSFORMACIÓN


C.G.D.

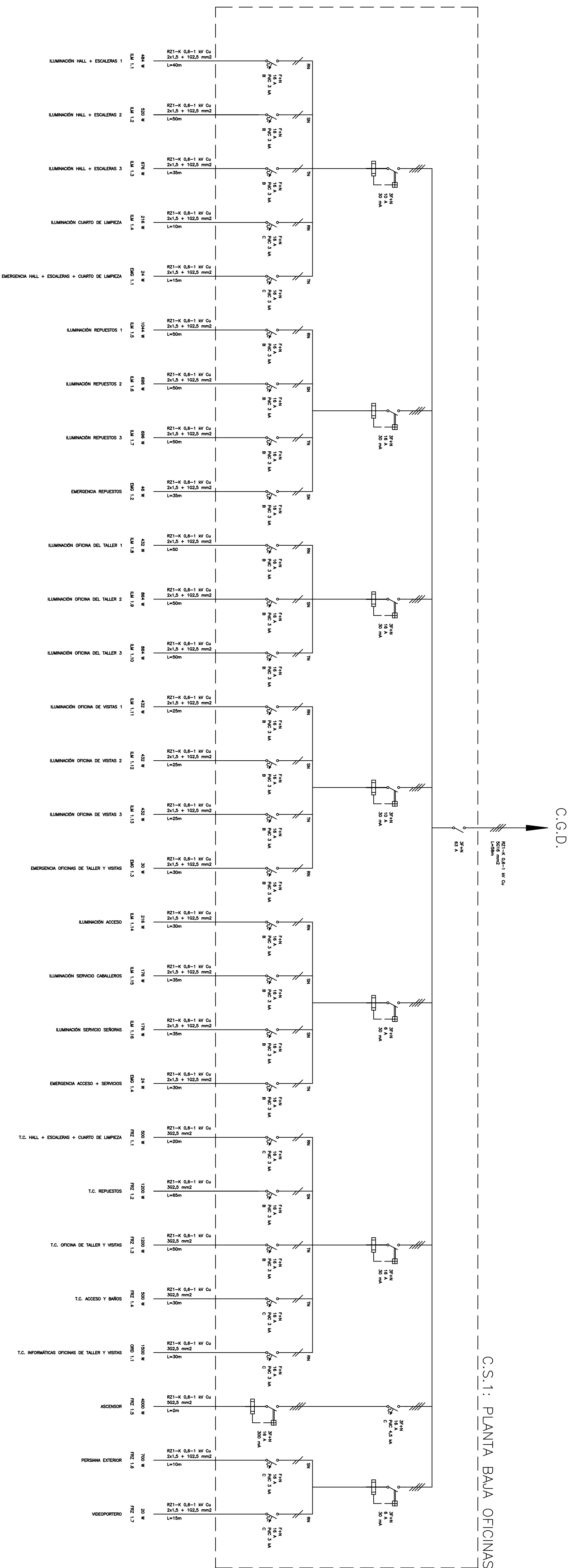
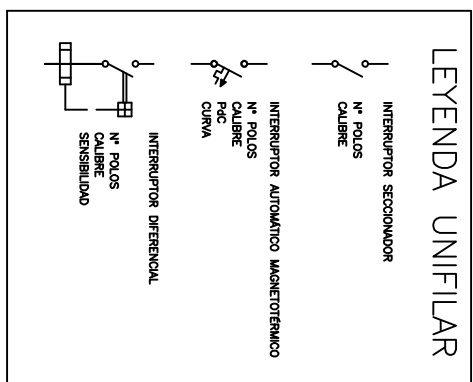


LEYENDA UNIFILAR

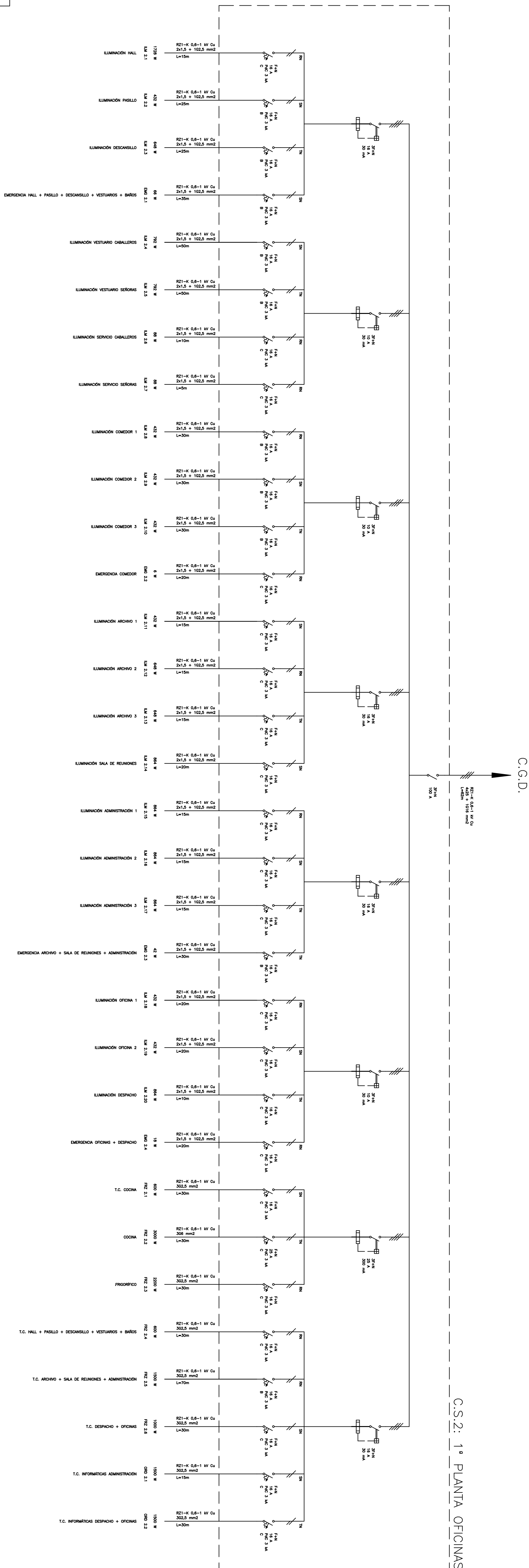
INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO  
Nº POLOS  
CALIBRE  
Pdc  
CURVA

INTERRUPTOR DIFERENCIAL  
Nº POLOS  
CALIBRE  
SENSIBILIDAD

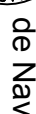
<div><div></div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL (E)</div></div>		<div><div>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</div></div>	
<div>PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL</div>		<div>REALIZADO: MIGUEL GONZÁLEZ MURO</div>		<div>FIRMA:</div>	
<div>PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN</div>		<div>FECHA: 27-6-2011</div>	<div>ESCALA:</div>	<div>Nº PLANO: 09</div>	



C.S.1: PLANTA BAJA OFICINAS



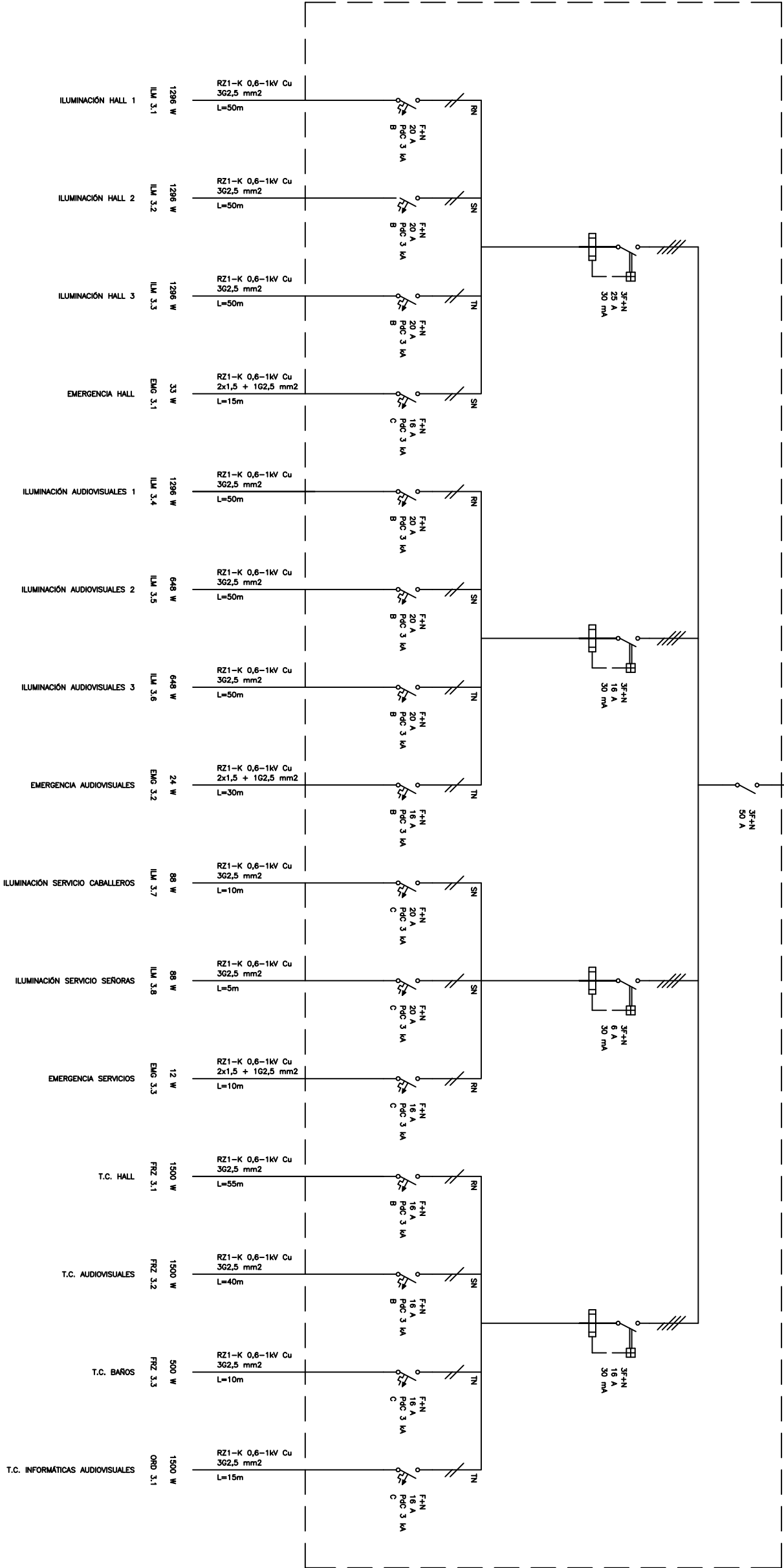
C.S.2: 1ª PLANTA OFICINAS

 Universidad de Navarra Meneroa Universitat Pública	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENT D'
	INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL (4)		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS DE ING. RURAL
PROYECTO:	REALIZADO:		
INSTALACION ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE TRANSFORMACION DE NAVE INDUSTRIAL.	MIGUEL GONZÁLEZ MUÑO		
PLANO:	FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
PLANTA BAJA Y PRIMERA DE OFICINAS	27-6-2011		10

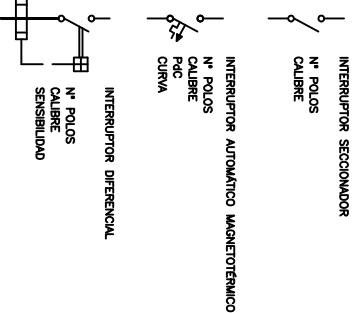


C.G.D.

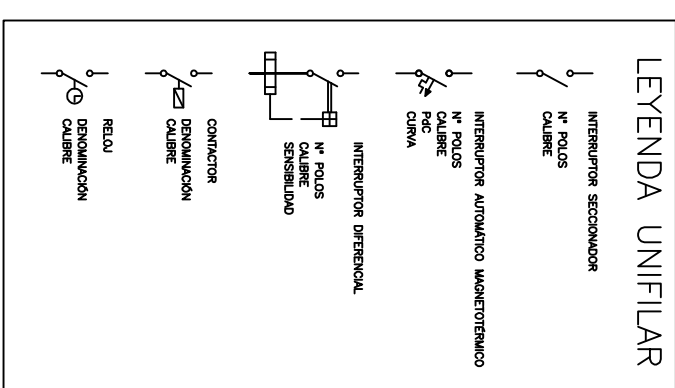
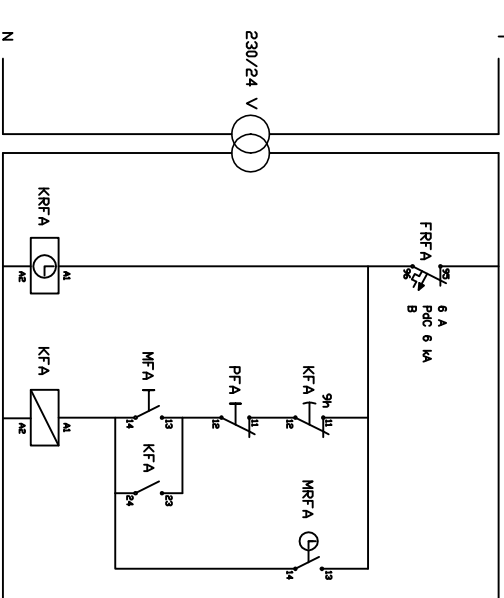
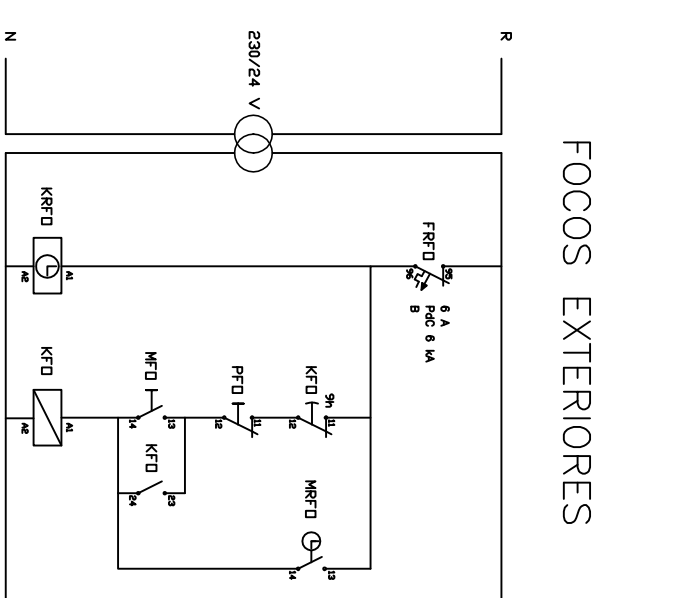
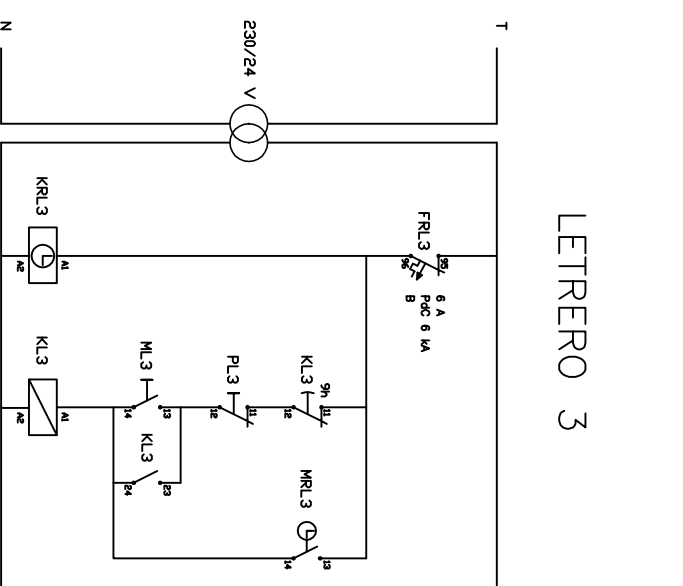
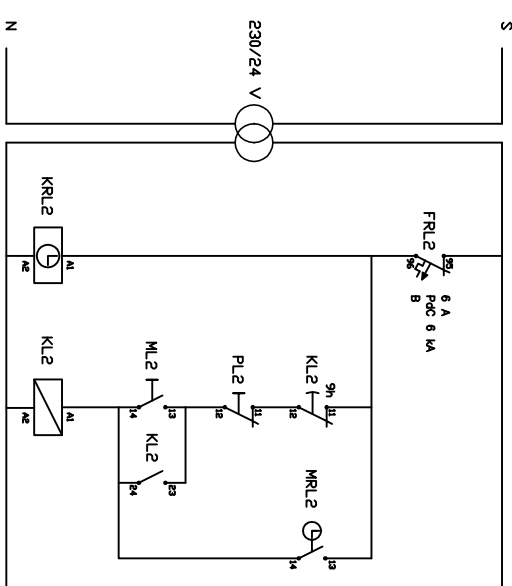
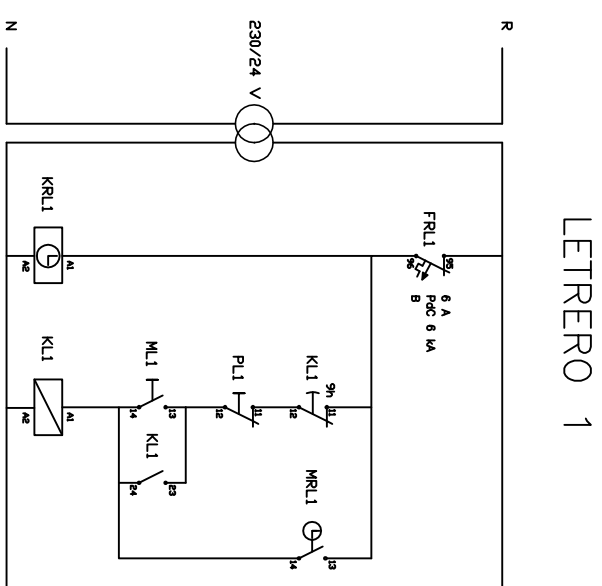
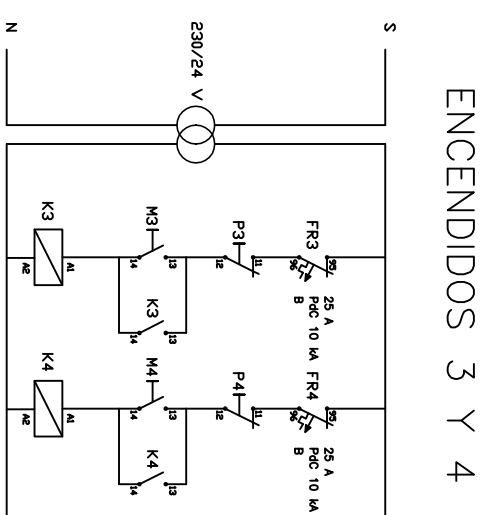
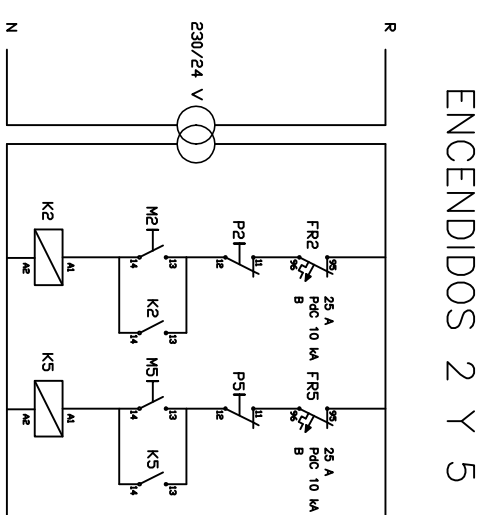
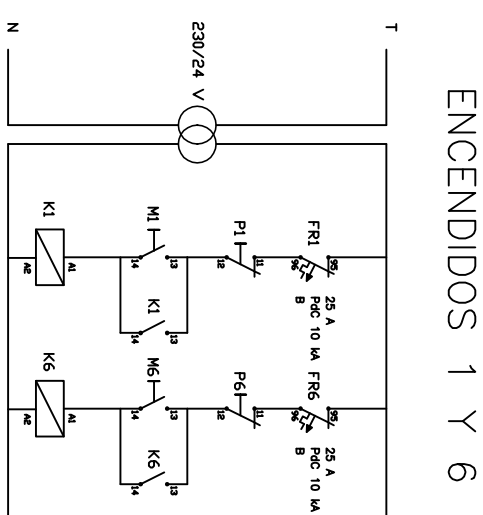
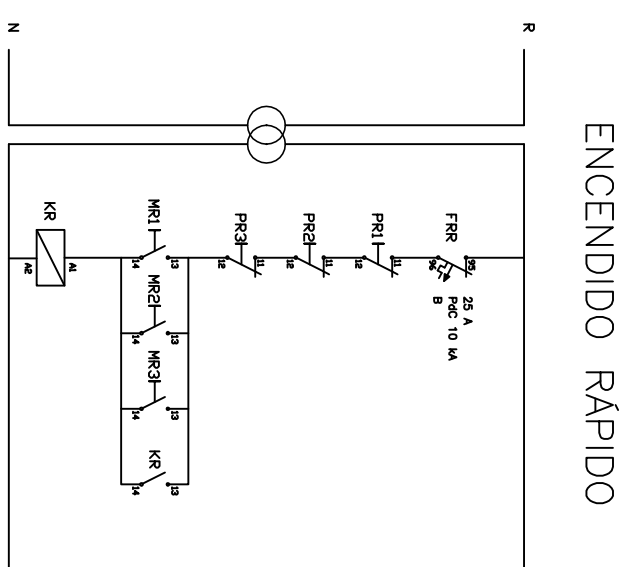
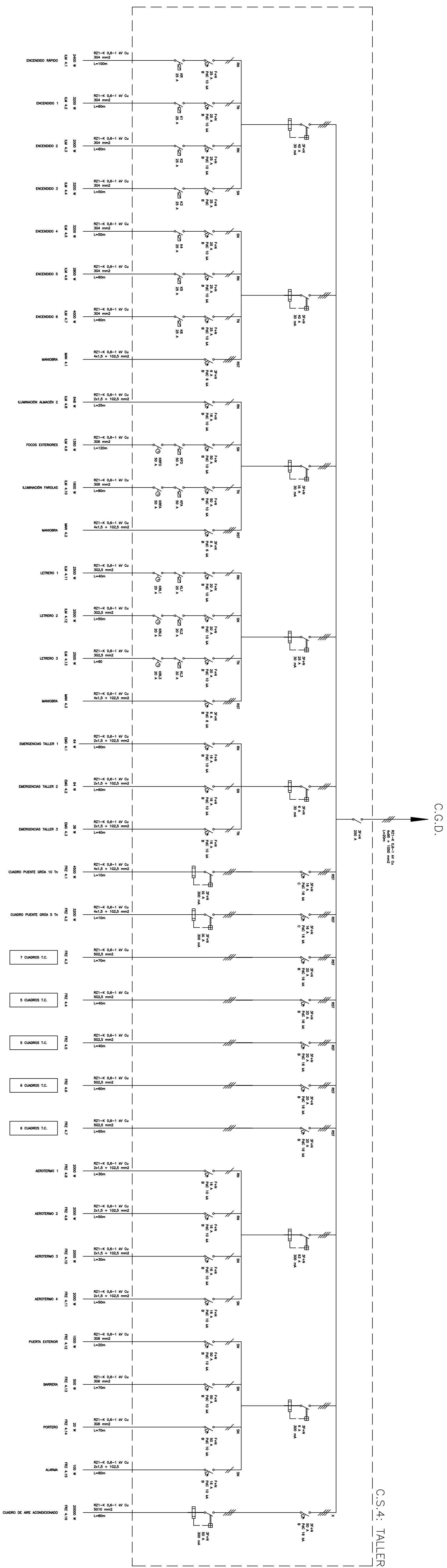
C.S.3: 2ª PLANTA OFICINAS

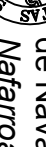


LEYENDA UNIFILAR



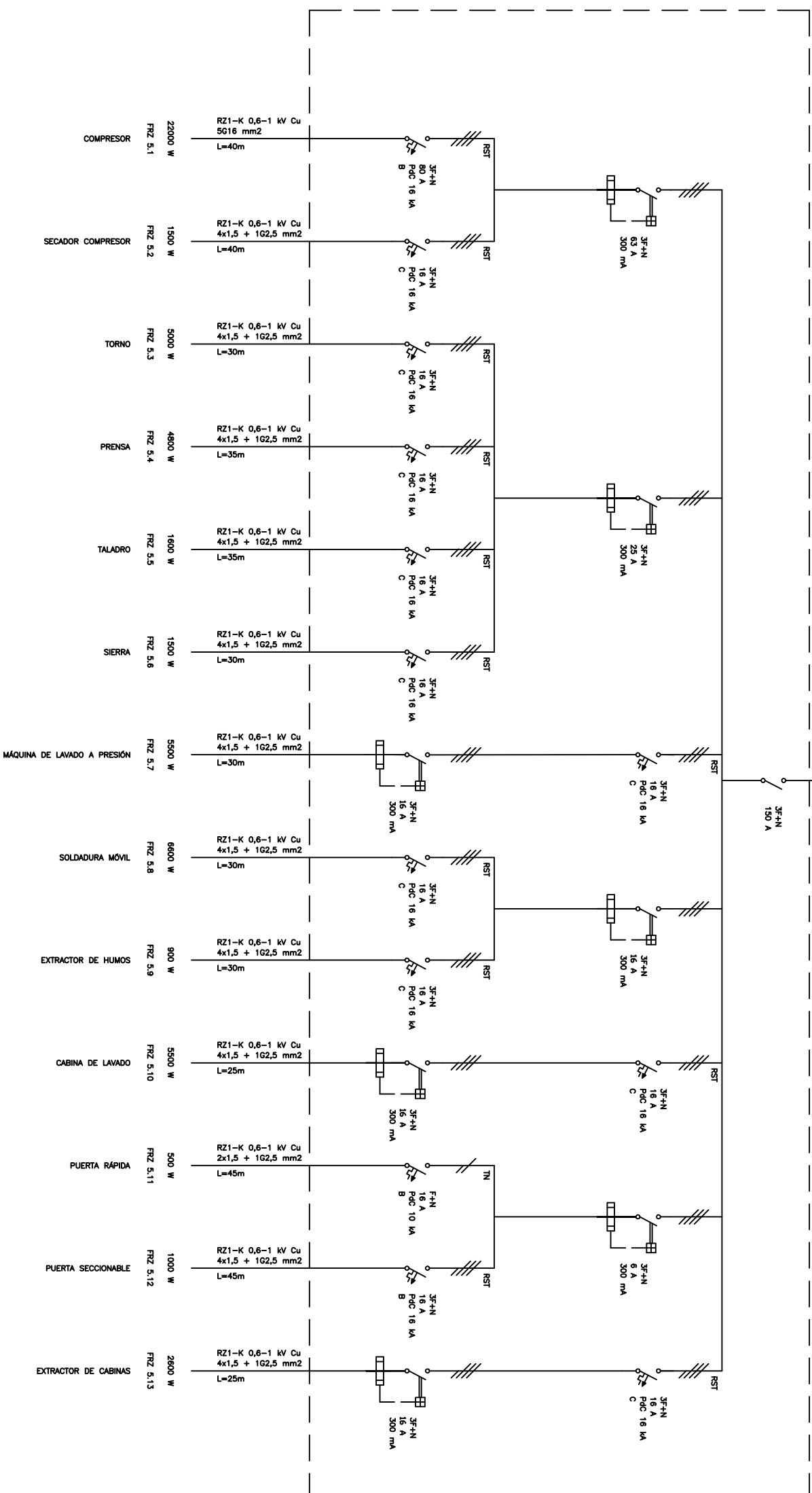
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO:  INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL		INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL (E)		REALIZADO:  MIGUEL GONZÁLEZ MURO	
PLANO:  ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO SEGUNDA PLANTA DE OFICINAS		FIRMA:		FECHA: 27-6-2011	
				ESCALA:	
				Nº PLANO: 11	



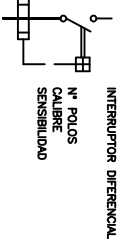
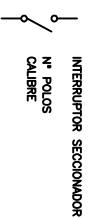
	Universidad Publica de Matamoros Matamoros Universidade Publica	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
		INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL (E)	
PROYECTO:	INSTALACION ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE TRANSFORMACION DE NAVE INDUSTRIAL		
PLANO:	ESQUEMA UNIFILAR Y MANIOBRA CUADRO SECUNDARIO TALLER		
FECHA:	27-6-2011	ESCALA:	Nº PLANO 125
FIRMA:	MIGUEL GONZÁLEZ MUÑO		

C.G.D.

C.S.5: MAQUINARIA



## LEYENDA UNIFILAR



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**ET.S.I.I.T.**

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL (E)

PROJECTO:

REALIZADO:

# INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL

MIGUEL GONZÁLEZ MUÑOZ

FIRMA:

PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO  
MAQUINARIA

FECHA:  
27-6-2011

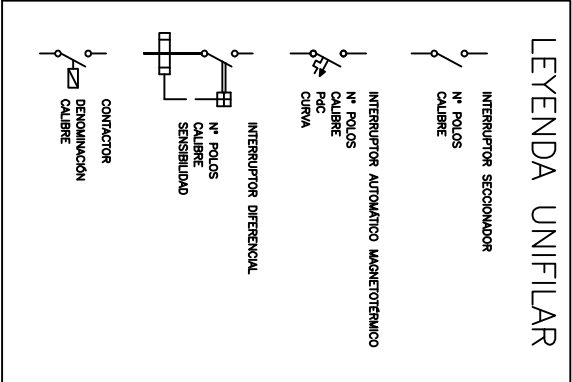
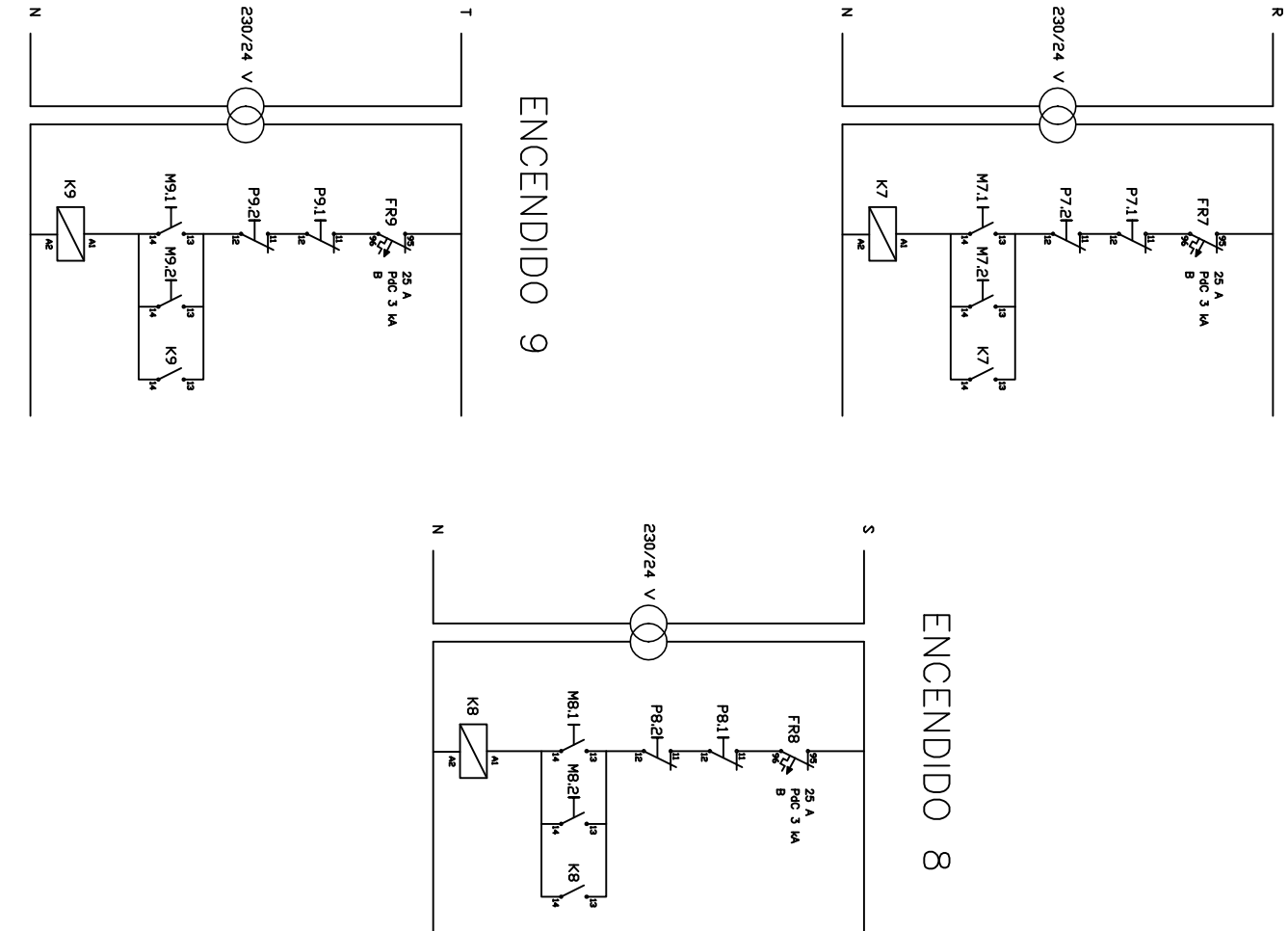
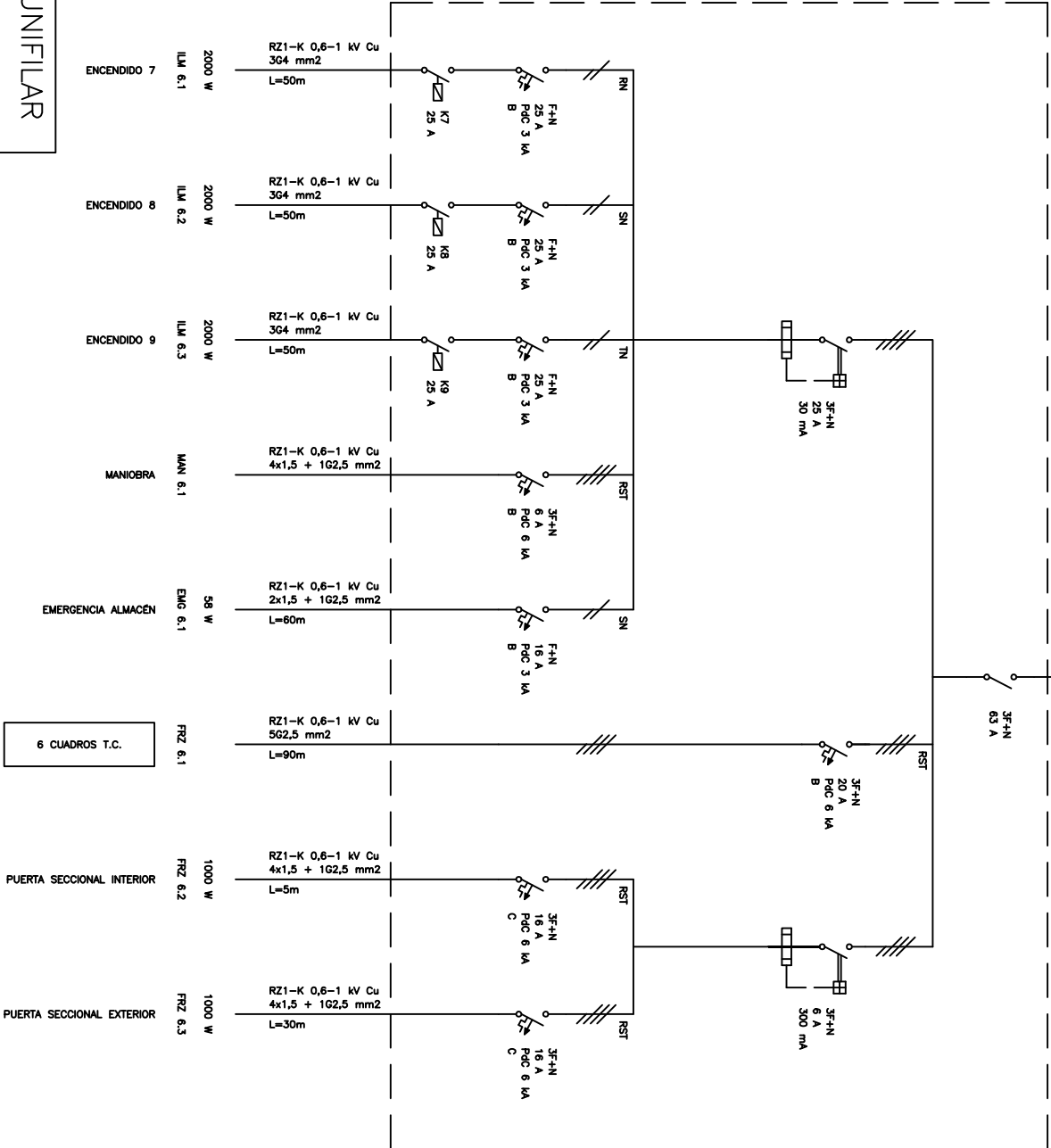
ESCALA:


Nº PLANO: 13

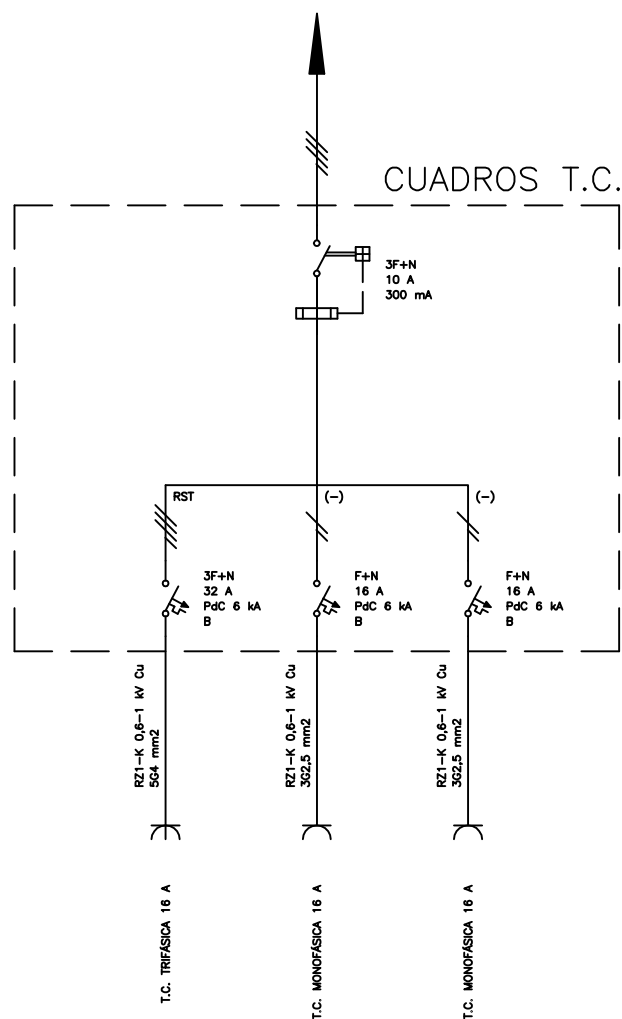


C.G.D.

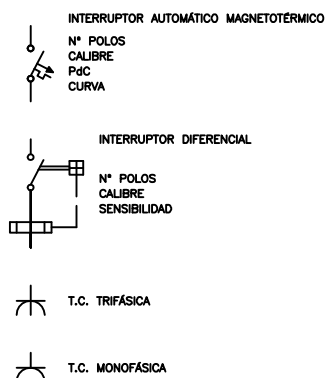
C.S.6: ALMACÉN



 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL (E)		REALIZADO: MIGUEL GONZÁLEZ MURO	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL		FIRMA:		
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR Y MANIOBRA CUADRO SECUNDARIO ALMACÉN		FECHA: 27-6-2011	ESCALA:	Nº PLANO: 14



### LEYENDA UNIFILAR



Nota: Las tomas de corriente monofásicas serán intercambiadas de fases cada dos cuadros con el fin de repartir la carga de forma equilibrado.



Universidad Pública  
de Navarra  
*Nafarroako*  
*Unibertsitate Publikoa*

**E.T.S.I.I.T.**

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL (E)

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO  
DE TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL

REALIZADO:

MIGUEL GONZÁLEZ MURO

FIRMA:

PLANO:

ESQUEMA UNIFILAR CUADROS T.C.

FECHA:

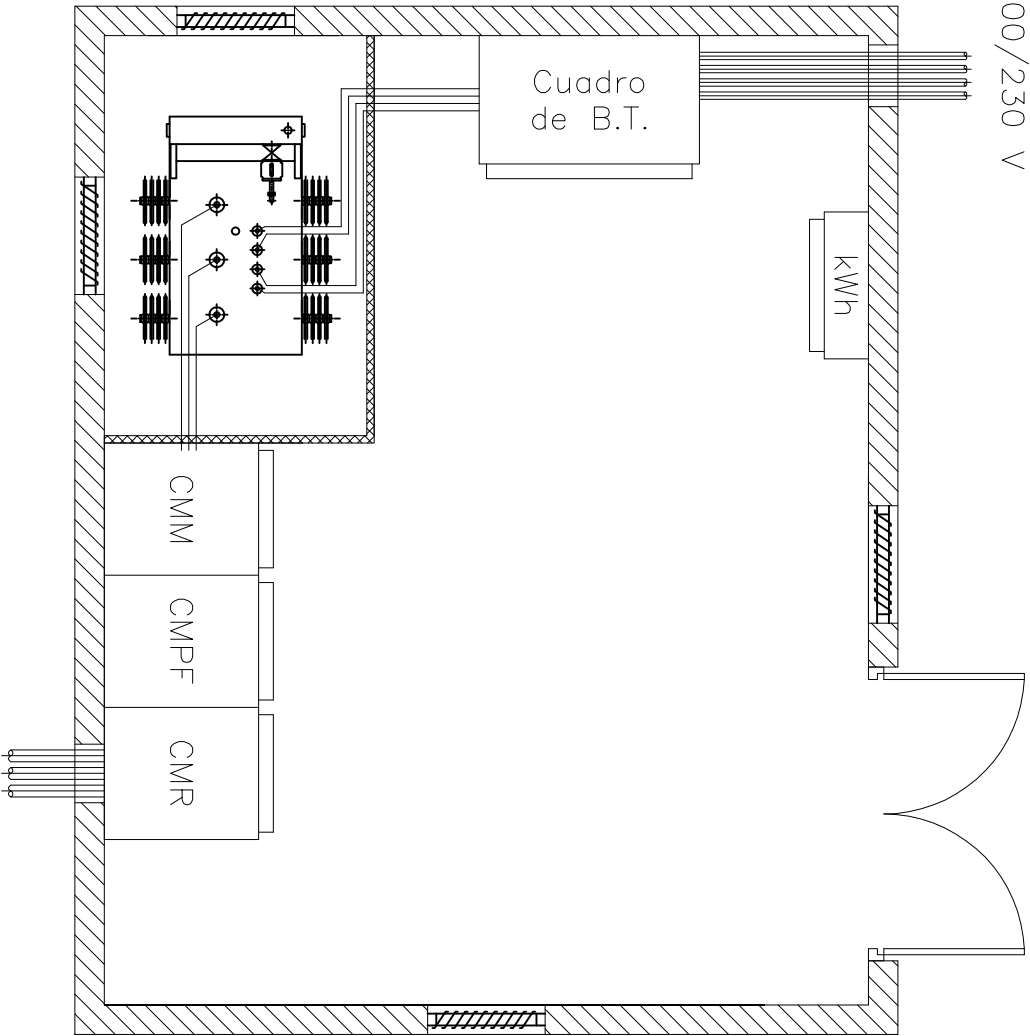
27-6-2011

ESCALA:

Nº PLANO:

15

Línea de B.T.  
400/230 V

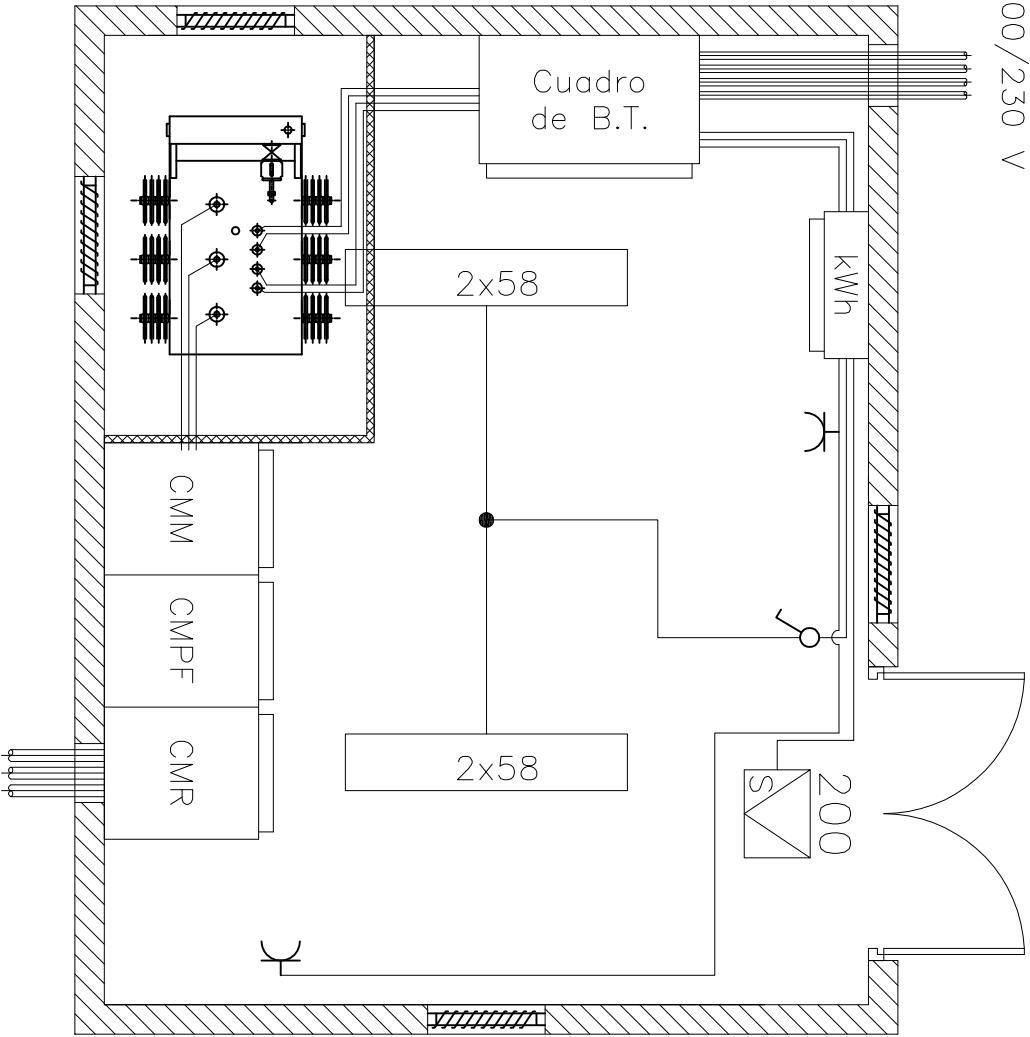


Línea de M.T.  
13200 V

## LEYENDA


2x58	Módulo fluorescente 2x58 W
	Punto de alumbrado de emergencia y salida
	Interruptor simple empotrado (h=1,10m)
	Toma de corriente (h=0,30m)
CMR	Celda de remonte
CMPF	Celda de protección mediante fusibles
CMM	Celda de medida
kWh	Cuadro de contadores

Línea de B.T.  
400/230 V



Línea de M.T.  
13200 V

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
TRANSFORMADOR ORMAZÁBAL 24 kv. Do Ck (AB)	400 KVA
POTENCIA ASIGNADA	50 Hz
FRECUENCIA	24 kv
NIVEL DE AISLAMIENTO	20 kv
TENSIÓN NOMINAL PRIMARIA	420 v
TENSIÓN SECUNDARIA EN VACÍO	Dyn11
GRUPO DE CONEXIÓN	750 W
PÉRDIDAS EN VACÍO	4600 W
PÉRDIDAS EN CARGA	4%
IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO A 75°C	50 Hz
FRECUENCIA	330 l
VOLUMEN DE ACEITE	1330 kg
PESO	



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL (E)

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:

REALIZADO:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO  
DE TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL

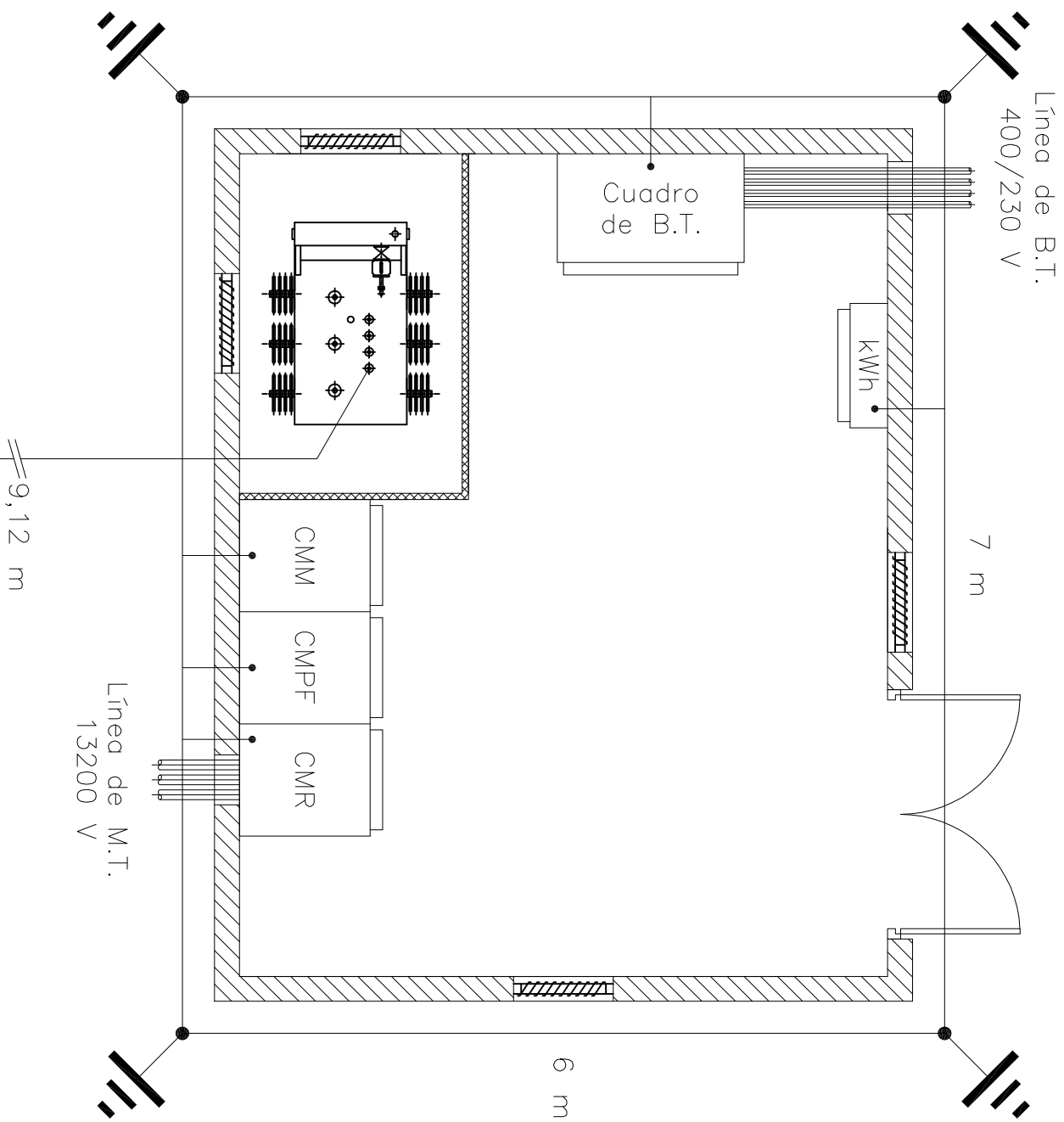
FIRMA:  
MIGUEL GONZÁLEZ MURO

PLANO:  
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.  
DISTRIBUCIÓN E INSTALACIONES

FECHA:  
27-6-2011

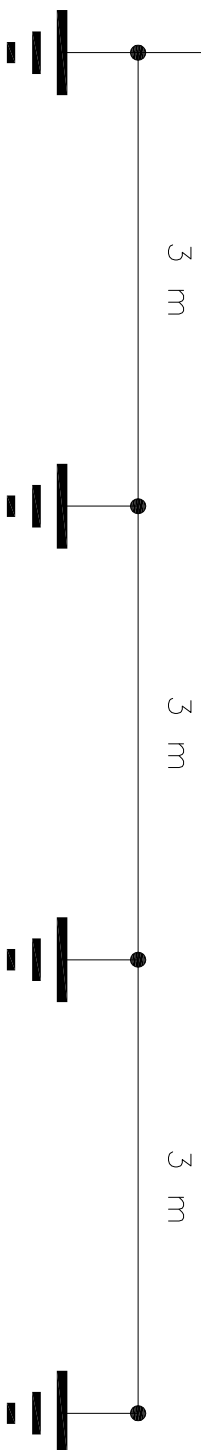
ESCALA:  
1:50

Nº PLANO:  
16



## TIERRA DE PROTECCIÓN


Código: 70-60/5/4 6  
Dimensiones: 7x6m  
Profundidad del electrodo: 0,5m  
Número de picas: 4  
Longitud de picas: 6m



## TIERRA DE SERVICIO

Código: 5/4 4  
Profundidad del electrodo: 0.5m  
Número de picas: 4  
Longitud de picas: 4m  
Separación entre picas: 3m

LEYENDA	
CMR	Celda de remonte
CMPF	Celda de protección mediante fusibles
CMM	Celda de medida
kWh	Cuadro de contadores
INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	
<p>— CABLE DE <math>C_u</math> DESNUDO 0,6/1 kV, S=50mm<sup>2</sup>.          PROFUNDIDAD DE ENTERRAMIENTO: 50 cm.</p> <p>— PICA DE TIERRA. L=6m EN TIERRA DE PROTECCIÓN Y L=4m EN TIERRA DE SERVICIO. Ø14 mm. PROFUNDIDAD DE ENTERRAMIENTO: 50 cm.          UNIONES CABLE-CABLE MEDIANTE SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA.</p>	

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		
	INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL (E)		
PROYECTO:	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL	REALIZADO:  MIGUEL GONZÁLEZ MURO		
PLANO: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. PUESTA A TIERRA	FIRMA:	FECHA:	ESCALA:
		27-6-2011	1:50
		Nº PLANO:	17

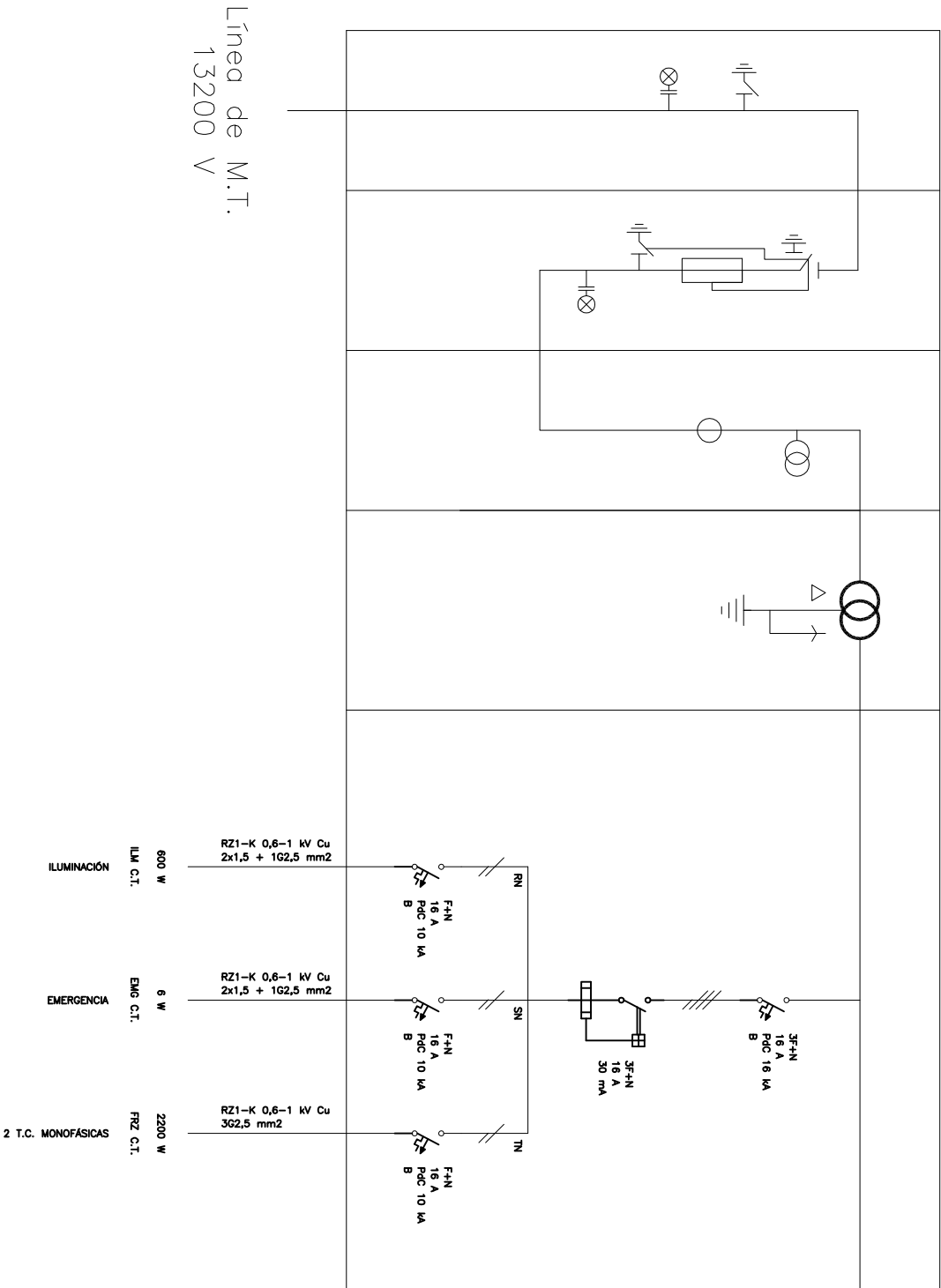
TRANSFORMADOR  
DE POTENCIA  
400 KVA  
13200/400 V  
Dyn11

CMR      CMPF      CMM

CUADRO DE B.T.


Línea de B.T.  
400/230 V

C.G.P.



### LEYENDA

- Transformadores de potencia, 20000/420 V
- 3 Transformadores de tensión, 13200/110 V, de relación Ft=1.9. CL.0.5. y aislamiento 24 kV
- 3 Transformadores de intensidad, de relación 20/5 A, 15 VA, CL.0.5 y aislamiento 24 kV
- Seccionador de puesta a tierra
- Detector capacitivo de tensión
- Protección con fusible
- CMR Celda de remonte
- CMPF Celda de protección mediante fusibles
- CMM Celda de medida
- kWh Cuadro de contadores
- C.G.P. Caja General de Protección
- C.G.P. Interruptor diferencial
- Interruptor automático magnetotérmico

 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL (E)		REALIZADO: MIGUEL GONZÁLEZ MURO	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE NAVE INDUSTRIAL		FIRMA:		
PLANO: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. ESQUEMA UNIFILAR.		FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
		27-6-2011	1:50	18



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN PARA NAVE INDUSTRIAL.

PLIEGO DE CONDICIONES

Miguel González Muro

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, a 27 de junio de 2011



## **4. PLIEGO DE CONDICIONES**



## ÍNDICE

4.1. OBJETO.....	5
4.2. CONDICIONES GENERALES .....	5
4.2.1. Ámbito de aplicación .....	5
4.2.2. Normativa .....	5
4.2.3. Conformidad o variación de las condiciones .....	6
4.2.4. Condiciones generales .....	6
4.2.5. Contradicciones y omisiones del proyecto .....	6
4.3. CONDICIONES DE EJECUCIÓN .....	8
4.3.1. Datos de la obra .....	8
4.3.2. Obras que comprende .....	8
4.3.3. Mejoras y variaciones del proyecto .....	9
4.3.4. Personal.....	9
4.4. CONDICIONES ECONÓMICAS .....	10
4.4.1. Contrato .....	10
4.4.2. Derechos y obligaciones del instalador .....	10
4.4.2.1. En la ejecución de la obra .....	10
4.4.2.2. Incumplimiento de los plazos de ejecución .....	12
4.4.2.3. En materia social.....	12
4.4.2.4. En relación a los materiales .....	13
4.4.2.5. Una vez finalizada la obra .....	14
4.4.3. Obligaciones de la propiedad.....	14
4.4.4. Fianza.....	15
4.4.5. Rescisión del contrato .....	15
4.4.6. Condiciones de pago.....	15
4.5. CONDICIONES TÉCNICAS.....	18
4.5.1. Calidad de los materiales .....	18





4.5.1.1.	Código de identificación de los conductores .....	18
4.5.1.2.	Conductores activos .....	18
4.5.1.3.	Conductores de protección.....	20
4.5.1.4.	Tubos protectores.....	20
4.5.1.5.	Interruptores, conmutadores y tomas de corriente.....	20
4.5.1.6.	Cajas de empalmes y derivaciones .....	21
4.5.1.7.	Aparatos de protección .....	21
4.5.1.8.	Cuadros de protección y maniobra .....	22
4.5.1.9.	Alumbrado .....	22
4.5.1.10.	Alumbrados especiales .....	23
4.5.2.	Normas de ejecución.....	24
4.5.2.1.	Canalizaciones con tubos protectores en montaje interior.....	25
4.5.2.2.	Canalizaciones con tubos protectores en montaje superficial .....	26
4.5.2.3.	Conductores en bandejas .....	26
4.5.2.4.	Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas .....	27
4.5.2.5.	Acceso a las instalaciones.....	27
4.5.2.6.	Alumbrado .....	28
4.5.2.7.	Motores .....	29
4.5.2.8.	Puesta a tierra.....	30
4.5.2.9.	Uniones a tierra.....	31
4.5.2.10.	Protección contra sobreintensidades y sobretensiones .....	31
4.5.2.11.	Protección contra contactos directos e indirectos .....	33
4.5.2.12.	Compensación del factor de potencia .....	36
4.5.3.	Centro de transformación.....	36
4.5.3.1.	Obra civil .....	36
4.5.3.2.	Aparamenta de alta tensión.....	37
4.5.3.3.	Características constructivas.....	37
4.5.3.4.	Transformador .....	39
4.5.3.5.	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	40
4.6.	CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD .....	43



4.7. CERTIFICADO Y DOCUMENTACIÓN.....	44
---------------------------------------	----



## **4.1. OBJETO**

Este documento tiene la finalidad de ordenar las condiciones técnicas, generales, económicas y legales en que han de regir la contratación de los trabajos a realizar y de los requisitos técnicos para llevar a buen fin la instalación objeto de este proyecto.

## **4.2. CONDICIONES GENERALES**

### **4.2.1. Ámbito de aplicación**

Se aplicará todo lo expuesto en el presente pliego de condiciones en las obras de suministro y colocación de todas y cada una de las piezas o unidades de obra necesarias para efectuar debidamente la instalación eléctrica de la nave industrial anteriormente descrita.

### **4.2.2. Normativa**

La realización del proyecto y la ejecución de las instalaciones se efectuaran de acuerdo con la normativa vigente, la cual se detalla a continuación:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto)
- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre)
- Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (Real Decreto 223/2008 de 15 de Febrero)
- Normas Tecnológicas de la Edificación, Instalaciones: IEB: Baja tensión; IEI: Alumbrado interior; IEP: Puesta a tierra.



- Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales (Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre)
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Real Decreto 31/1995, de 8 de noviembre)
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (Real Decreto 486/1997, de 14 de abril)
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de “Iberdrola distribución eléctrica S.A.”
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

Se tendrán en cuenta las instrucciones técnicas complementarias a la normativa mencionada así como todas las ampliaciones y modificaciones referidas a dicha normativa.

#### **4.2.3. Conformidad o variación de las condiciones**

Se aplicarán estas condiciones para todas las obras incluidas en el apartado anterior, entendiéndose que el contratista conoce estos pliegos y no admitiéndose otras modificaciones más que aquellas que pudiera introducir el autor del proyecto.

#### **4.2.4. Condiciones generales**

El contratista deberá cumplir cuantas disposiciones vigentes hubiera de carácter social y de protección a la empresa nacional.

#### **4.2.5. Contradicciones y omisiones del proyecto**

Lo mencionado en la memoria y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos; en caso de contradicción entre planos y la memoria, prevalecerá lo prescrito en esta última.



Las omisiones en los planos o las descripciones erróneas de los detalles de la obra en este pliego de condiciones, no sólo no eximen al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si estuviesen correctamente especificados en los planos y en este pliego de condiciones.



### **4.3. CONDICIONES DE EJECUCIÓN**

#### **4.3.1. Datos de la obra**

Se entregará al contratista una copia de los planos, memoria y pliegos de condiciones, así como cuantos planos o datos necesite la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia, a su costa, del presupuesto y anexos del proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

#### **4.3.2. Obras que comprende**

Las obras se ejecutan conforme al proyecto, a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones y el particular, si lo hubiera, y de acuerdo con las normas de la empresa suministradora.

El contratista, salvo aprobación por escrito del director de obra, no podrá hacer ninguna modificación de cualquier naturaleza, tanto en la ejecución de las obras en relación con el proyecto, como en las condiciones técnicas específicas.

Las obras que comprende este proyecto, abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para efectuar la instalación eléctrica de la nave industrial, considerando nave industrial a las oficinas, almacenes, nave propiamente dicha, locales no nombrados que se encuentren dentro de la propiedad, así como el centro de transformación.

Las labores comprendidas son las siguientes.

- a) Los transportes necesarios, tanto para la traída de materiales, como para el envío de estos fuera de la zona.
- b) Suministros de todo material necesario para las instalaciones.
- c) Ejecución de los trabajos necesarios para la instalación de todo lo reseñado:



- Colocación de luminarias.
- Colocación de cableado.
- Instalación de las protecciones eléctricas.
- Colocación de bandejas y tubos protectores para cableado.
- Ejecución del centro de transformación.

#### **4.3.3. Mejoras y variaciones del proyecto**

No se consideran como mejoras o variaciones del proyecto nada más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente, por escrito, por el director de obra y convenido el precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del contratista.

#### **4.3.4. Personal**

El contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo la excepción del apartado anterior. Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al trabajo propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo. El contratista deberá tener al frente de los trabajadores un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

El contratista deberá emplear en sus trabajos el número de operarios que sean necesarios para llevarlo a cabo con la conveniente rapidez, así como organizar el número de brigadas que se le indiquen, para trabajar en varios puntos a la vez.

El contratista tendrá al frente de los trabajadores personal idóneo, el cual deberá atender cuantas órdenes procedan de la dirección técnica de las obras, estando a la expectativa, con objeto de que se lleven con el orden debido.



## **4.4. CONDICIONES ECONÓMICAS**

### **4.4.1. Contrato**

El contrato será un documento de carácter privado en el que se establecerán las condiciones económicas generales de común acuerdo entre la Propiedad y el Instalador. El carácter del contrato puede ser modificado a petición de una de las partes, corriendo todos los gastos que ello ocasione a cuenta del que lo solicite.

En el Contrato Privado de Adjudicación de Obra se establecerán los plazos de ejecución de la obra de mutuo acuerdo entre la Propiedad y el Instalador. Como fecha de comienzo se cogerá aquella que el Instalador comunique a la Propiedad en un plazo no superior a 90 días a partir de la fecha en la que se firme el contrato.

Tras la firma del contrato, dado el carácter de la instalación que se pretende con este proyecto, no se admitirán revisiones de los precios en los materiales.

Solamente en el caso de que en el transcurso de la obra se aprobasen oficialmente aumentos de precio de jornales se admitirá revisión en la cantidad contratada para mano de obra y en la parte proporcional en que ésta se pudiera ver afectada.

### **4.4.2. Derechos y obligaciones del instalador**

#### **4.4.2.1. En la ejecución de la obra**

La instalación se llevará a efecto, ateniéndose a las condiciones generales, al proyecto de detalles indicados en el mismo y a cuantas operaciones sean indispensables para que la instalación quede completamente bien acabada aunque no se indique expresamente en estos documentos.

Para resolver cualquier duda en la interpretación de los documentos, el Instalador, consultará al respecto al autor del proyecto, obligándose a rehacer cuantas partes del trabajo no se hubiesen realizado de acuerdo con lo estipulado.





Hasta la recepción definitiva, el Instalador es exclusivamente responsable de la ejecución de la instalación contratada y de las faltas que en ella puedan existir.

El Instalador deberá presentarse en la obra siempre que sea convocado por la Dirección Facultativa o la Propiedad y especialmente asistirá a todas las visitas de obra oficiales, durante el periodo en que se desarrollen los trabajos.

La interpretación de los trabajos realizados corresponde a la Dirección Facultativa por lo que el Instalador se verá obligado a demoler y rehacer todos aquellos trabajos que la dirección considere defectuosos.

En el caso de que el instalador propusiera alguna modificación, habrá de presentarla detalladamente antes de realizar ningún trabajo o encargo de materiales y con tiempo suficiente para que no se altere el plan de obra y reservando a la Dirección Facultativa un plazo suficiente para estudiar la propuesta y que nunca será inferior a quince días.

Junto con la oferta económica, el Instalador presentará unos plazos mínimos de ejecución de cada una de las partes y fases de su trabajo. Después de la adjudicación el Instalador y el Constructor, llegarán a un acuerdo sobre los plazos ofertados dentro del plan general de la obra.

El plazo global de ejecución será el que se determine en el Contrato Privado de Adjudicación de Obra y establecido, de común acuerdo, entre la Propiedad y la Empresa Instaladora.

La Dirección Facultativa puede, si lo considera necesario para la buena ejecución de la instalación, varar parcialmente el proyecto para lo cual se establecerá contratación separada y fijada por medio de precios contradictorios, previamente aprobados por las partes.



La instalación será ejecutada por operarios de aptitud reconocida, pudiendo la dirección Facultativa exigir la separación de aquellos que, a su juicio, no reúnan los conocimientos necesarios.

#### **4.4.2.2. Incumplimiento de los plazos de ejecución**

En caso de retraso injustificado el cumplimiento de las fechas de ejecución, el Instalador incurrirá en las penalidades establecidas en el Contrato, pudiéndosele imputar el total o parte de las penalidades en que hayan incurrido el resto de los oficios así como el Constructor, a causa del retraso del Instalador.

En el caso de que el Instalador se viera, por causa justificada, obligado a retrasar los plazos de ejecución, deberá comunicarlo por escrito a la Propiedad y a la Dirección Facultativa, alegando las causas que determinan el retraso.

Si el Instalador se negase a realizar por su cuenta los trabajos para ultimar la instalación en las condiciones contratadas o los demorase indefinidamente, se podrá ordenar su ejecución a un tercero, o directamente por administración, abonando su importe con la retención en concepto de fianza sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la Propiedad en el caso de que el importe de la fianza no bastase para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades.

#### **4.4.2.3. En materia social**

Se supone que el Instalador está enterado de lo que dispone la legislación vigente en materia de seguridad y salud.

El Instalador será responsable de todos los accidentes, daños o perjuicios que puedan ocurrir o sobrevenir como consecuencia directa o indirecta de la ejecución de la instalación debiendo tener presente todo cuanto se determina en las Ordenanzas de Seguridad e Higiene en el Trabajo.



El Instalador es responsable de las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo, debiendo éste adoptar y aplicar las disposiciones y medidas que dicte la Inspección de Trabajo, los organismos competentes y la normativa vigente.

El Instalador deberá establecer un plan de seguridad e higiene que especifique las formas de aplicación de las medidas necesarias con el fin de asegurar eficazmente al personal que pueda estar en la obra, la higiene y primeros auxilios de enfermos o accidentados y la seguridad de las instalaciones. El plan debe ser entregado a la Propiedad en un tiempo máximo de 90 días después de la firma del contrato. La ausencia de este documento puede o su incumplimiento puede ser motivo de ruptura de contrato. Si este documento se ve modificado por las circunstancias de la obra, se le deberá comunicar con la mayor rapidez posible a la Propiedad. Los gastos debidos a la puesta en funcionamiento del plan corren a cargo del Instalador, y se consideran incluidos en los precios del contrato. Las medidas de este plan podrían ser: formación del personal en materia de seguridad e higiene, carteles y señales de riesgo en la obra, mantenimiento de limpieza y seguridad en la obra, protecciones de las distintas instalaciones, suministro de Equipos de Protección Individual (E.P.I.'s) y Colectiva...

En la ejecución del proyecto se debe fundar un Comité de Seguridad compuesto por una persona de cada empresa participante en la obra (carpinteros, electricistas, fontaneros... si cada gremio fuera de empresas distintas), que se debe encargar de aplicar las medidas adoptadas por el Comité en su empresa y en la obra. Los gastos de este Comité se repartirán entre las distintas empresas proporcionalmente. Este Comité además se encargará de pasar los partes de accidentes que causen baja en el empleo a la Propiedad.

El incumplimiento de las obligaciones del Instalador o del Comité en cuestión de Seguridad e Higiene no implicará responsabilidad alguna sobre la Propiedad.

#### **4.4.2.4. En relación a los materiales**

El Instalador tiene la obligación de saber la procedencia de todos los materiales y deberá presentar los albaranes de entrega de los materiales que constituyen la instalación si así se lo requieren. Además, todos los materiales que instale llevarán impreso en un lugar



visible la marca y el modelo que deberán coincidir con las referencias que se dan en los documentos del proyecto.

#### **4.4.2.5. Una vez finalizada la obra**

Al finalizar la instalación, el Instalador entregará a la Propiedad los diversos certificados de garantía de los equipos, así como los documentos de Recepción que se reseñan en las normativas correspondientes.

Una vez terminadas las instalaciones, la empresa instaladora realizará ante la Dirección Facultativa las pertinentes pruebas de funcionamiento, durante el tiempo necesario para comprobar que la instalación se ha ejecutado correctamente. Durante la ejecución de las pruebas el Instalador queda obligado a reparar, a su costa, cuantos defectos y deformaciones se pudieran apreciar.

Se establece un periodo de garantía mínima de un año para todos los elementos de la instalación que comenzará a contarse a partir del momento en que terminen las pruebas con el visto bueno de la Dirección Facultativa.

Transcurrido el plazo de garantía se procederá a realizar la recepción definitiva de las instalaciones, quedando revelado, el Instalador, de toda responsabilidad.

#### **4.4.3. Obligaciones de la propiedad**

El Instalador, durante la ejecución de los trabajos tendrá derecho a disponer de un local suficientemente amplio para almacenamiento de sus materiales y herramientas, provisto de cerradura o candado, de manera que, tan sólo él, tenga acceso al mismo y siendo de su responsabilidad el extravío o robo de materiales.

Asimismo, se le suministrará por cuenta de la Propiedad energía eléctrica y agua durante el tiempo de montaje.

Podrá disponer de los elementos de transporte horizontal y vertical que existan en obra para cuya utilización deberá previamente ponerlo en conocimiento de la Propiedad.



#### **4.4.4. Fianza**

La fianza que, en concepto de garantía, se retendrá al Instalador será de un 7% de los pagos que se establezcan en contrato. Dicha fianza se le devolverá una vez finalizado el plazo de garantía.

Dicha fianza sería retenida o utilizada por la Propiedad en caso que el Instalador se negase a realizar por su cuenta los trabajos para ultimar la instalación en las condiciones o en caso de su demora indefinida. Esta utilización de la fianza no perjudica a las acciones legales que la Propiedad tenga derecho.

#### **4.4.5. Rescisión del contrato**

Si la ejecución de las obras no fuera efectuada, o si el material presentado no reuniese las condiciones necesarias, se podrá proceder a la rescisión del contrato con pérdida de la fianza.

En este caso se fijará un plazo para tomar las medidas cuya paralización pudiera perjudicar las obras sin que durante este plazo se empiecen más trabajos. No se abandonarán los acopios que se hubieran efectuado.

#### **4.4.6. Condiciones de pago**

Para realizar el pago del coste de la obra se realizarán certificaciones mensuales. Para ello se medirán mensualmente sobre las partes realmente ejecutadas del proyecto las unidades de obra. La medición de la obra realizada en un mes se llevará a cabo en los ocho primeros días siguientes a la fecha de cierre de certificaciones, estableciendo el periodo de un mes a partir de la fecha de comienzo de la obra.

Las mediciones y valoraciones efectuadas serán utilizadas para la redacción de las certificaciones mensuales, y éstas son la base para calcular el precio que debe pagar la Propiedad al Instalador. La redacción de las certificaciones corresponde a la Propiedad.



Las certificaciones y los pagos no implican la recepción de las obras ni tienen carácter definitivo, pudiendo ser modificadas en certificaciones posteriores o definitivamente en el pago final.

El Instalador puede no estar conforme con alguna certificación, y para su modificación deberá exponer por escrito y en un tiempo máximo de diez días a partir de la fecha de entrega de la certificación por parte de la Propiedad los motivos de su reclamación y el coste de la misma. Entonces la Propiedad verá si considera o no dicha reclamación y en cualquier caso, el retraso en el pago por ésta no se considerará como demora y por lo tanto no podrá ser utilizada para incrementar el precio de la certificación. Una vez pasado el plazo de diez días o si no se pudiera realizar la medición de las unidades de obra tal y como se realizó en su momento por el avance de las obras se considerará la validez de la certificación y por lo tanto no se admitirá ningún tipo de reclamación.

Los precios de unidades de obra, así como los de los materiales, maquinaria y mano de obra que no figuren entre los contratados, se fijarán entre el Director de Obra y el Instalador. Estos precios deberán ser presentados por el Instalador debidamente especificados.

Los precios deberán ser presentados por el Contratista debidamente especificados, y la negociación de ellos será independiente de la ejecución de la unidad de obra, por lo que deberá realizar dicha obra una vez recibida la orden. Mientras no haya acuerdo o entendimiento entre las partes se certificará la base de los precios establecidos por la Propiedad. Cuando haya acuerdo, el precio podrá certificarse a cuenta de acopios de materiales en la cantidad que la Dirección de Obra estime oportuno. En la liquidación final no podrán darse pagos por excesos de materiales, ya que estos correrán siempre a costa del Instalador.

Las certificaciones por revisión irán separadas de las mensuales y el abono de dichas certificaciones no presupone la aceptación de los materiales en cuanto a su calidad, ya que la comprobación se realizará en el momento de puesta en obra. Del importe de certificaciones será descontado el porcentaje previamente fijado para el fondo de garantía.



Las certificaciones serán abonadas en el plazo de 120 días siguientes desde la fecha en que quede firmada cada una de las certificaciones, y el abono será por transferencia bancaria. Si no se cumplen los plazos de pago, el Instalador mediante una solicitud de demora podrá solicitar intereses por retraso, que serán proporcionales a la tardanza. El tipo de interés por el retraso quedará impuesto por el Banco de España como tipo de descuento comercial para dicho periodo.



## **4.5. CONDICIONES TÉCNICAS**

### **4.5.1. Calidad de los materiales**

Los materiales que intervengan en la instalación serán nuevos, de reciente fabricación y no habrán sido utilizados en ensayos o en otras instalaciones.

Los materiales a suministrar por la Empresa Instaladora serán los reseñados en el presupuesto y en los planos, en todo cuanto concierne a la parte mecánica, no siendo de su incumbencia el suministro de los materiales de obra civil, que correrán por cargo de la Propiedad.

Los materiales se deberán utilizar e instalar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante correspondiente, siempre que no haya contradicciones con los documentos del proyecto.

#### **4.5.1.1. Código de identificación de los conductores**

El color de su aislamiento es la base del código que diferencia a unos conductores de otros. Los colores utilizados para la identificación de los conductores son los siguientes:

- Marrón, negro y gris: conductores activos.
- Azul claro: conductor de neutro.
- Amarillo-Verde: conductor de tierra y protección.

Todos los cables que pertenezcan a un circuito deberán ir rotulados con su identificación sobre el propio cable.

#### **4.5.1.2. Conductores activos**

Los cables utilizados para la instalación eléctrica deberán ser de cobre y la proporción mínima en cobre electrolítico será del 99%.





Las conexiones se efectuarán, siempre que sea posible, mediante terminales de presión, y únicamente se retirará la envoltura (del cable) indispensable para realizar la unión, es decir, sin que el cable pelado sobresalga del borne.

Las derivaciones se realizarán siempre con bornes o en cajas especializadas, jamás se harán empalmes de torsión con cubrimiento de cinta.

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios, es decir, escogeremos el que nos dé una mayor sección:

- **Intensidad máxima admisible:** como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en su ITC-BT-19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes la ITC-BT-44 para receptores de alumbrado y la ITC-BT-47 para receptores de motor.
- **Caída de tensión en servicio:** La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 3% de la tensión nominal para alumbrado, y menor del 5% para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente. Para la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1,5%. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.



Deberá tenerse en cuenta la caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores, no debiendo provocar esto condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de contactores o parpadeo de alumbrado.

La sección del conductor de neutro será la especificada en la ITC-BT-07, que se establece en función de la sección de los conductores de fase de la instalación.

#### **4.5.1.3. Conductores de protección**

Estos conductores sirven para unir eléctricamente las masas de la instalación y la conexión de estas al conductor de tierra con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

La sección de los conductores de protección será la indicada en la tabla 19.1 de la ITC-BT 19. Si la indicación conduce a valores no normalizados, se utilizará la sección superior más cercana. Esta sección puede ser utilizada siempre y cuando el conductor de protección esté realizado del mismo material que los conductores activos.

Cuando el conductor de protección esté situado fuera de la canalización de alimentación la sección de dichos conductores será de  $2.5 \text{ mm}^2$  (si disponen de protección mecánica) ó de  $4 \text{ mm}^2$  (si no disponen de protección mecánica).

#### **4.5.1.4. Tubos protectores**

Los tubos protectores serán distintos si van empotrados o por falso techo que serán de PVC no propagadores de llamas normales o si van por montaje superficial, que serán rígidos blindados estancos de PVC.

El cálculo del diámetro de los tubos se realizará de acuerdo con la ITC-BT-21 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

#### **4.5.1.5. Interruptores, conmutadores y tomas de corriente**

Los interruptores y conmutadores cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los



circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia. Serán de material aislante y permitirán como mínimo un total de 10000 maniobras de apertura y cierre con su carga nominal. Además tendrán el espacio suficiente para que ninguna de sus piezas supere los 65°C de temperatura. Deberán llevar marcada la tensión y la corriente nominal.

Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominal y dispondrán de puesta a tierra.

Todos ellos irán instalados en el interior de cajas empotradas en las paredes, de forma que al exterior sólo podrá aparecer el mando totalmente aislado. En caso de que existan más de una toma colindante deberán alojarse en la misma caja, la cual deberá estar suficientemente dimensionada para que no se produzcan contactos.

#### **4.5.1.6. Cajas de empalmes y derivaciones**

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. La profundidad mínima será de 40 milímetros y su diámetro o lado interior mínimo de 60 milímetros. Si se desea que estas cajas sean estancas, se utilizara para empalmar los cables prensaestopas o recubrimiento de cola especial. La tapa de las cajas irá atornillada por lo menos en dos puntos.

Las dimensiones mínimas de caja a utilizar serán de 100 x 100 mm. Las cajas que se instalen superficialmente deberán estar unidas en dos puntos como mínimo. Los agujeros de las paredes de la caja para la entrada de los tubos serán ajustados al diámetro de ellos.

#### **4.5.1.7. Aparatos de protección**

Los interruptores magnetotérmicos serán de accionamiento manual y podrán cortar la corriente máxima del circuito en el que se coloquen sin sufrir ningún tipo de daño por temperatura. Solo tendrán 2 posiciones, y no permitirán la formación de arcos eléctricos permanentes.



Los interruptores serán de corte omnipolar y cuando los magnetotérmicos o los diferenciales no aguanten las corrientes de cortocircuito irán protegidos con fusibles calibrados, que serán distintos dependiendo del circuito que protejan.

#### **4.5.1.8. Cuadros de protección y maniobra**

Los cuadros serán metálicos contruidos con chapa de acero y del color que la Dirección Técnica decida. Los paneles estarán elevados respecto al suelo, y si se encuentran en talleres, por seguridad, se encontrarán como mínimo a 60cm.

Los cuadros estarán debidamente puestos a tierra mediante cobre electrolítico y los cables que entren y salgan de él deberán hacerlo por debajo, salvo contraindicación de la Dirección Técnica.

El cierre de la puerta podrá ser con cerradura o a presión, pero se suele utilizar este segundo método a no ser que se especifique lo contrario.

El conexionado entre los dispositivos de protección situados en los cuadros se ejecutará ordenadamente, disponiendo de regletas de conexionado para los conductores activos y para el conductor de protección.

#### **4.5.1.9. Alumbrado**

Las lámparas y tubos de descarga deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Deberán quedar fuera del alcance de la mano tanto las lámparas como las conexiones.
- Los interruptores destinados a estas lámparas estarán previstos para cargas inductivas o en su defecto, tendrán una capacidad de corte no inferior a dos veces la intensidad del receptor o receptores.
- Los circuitos de alimentación a lámparas o tubos de descarga estarán previstos para transportar las cargas previstas para los receptores, a los



elementos asociados y a sus correspondientes armónicos. La carga mínima prevista será 1.8 la potencia de los receptores.

- Todas las partes bajo tensión, excepto las partes destinadas a iluminar, estarán protegidas con elementos aislantes o metálicos puestos a tierra.

#### **4.5.1.10. Alumbrados especiales**

Las instalaciones destinadas a alumbrado de emergencia tienen por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación del alumbrado normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas para una eventual evacuación del público o iluminar otros puntos que se señalen.

La alimentación del alumbrado de emergencia será automática en el momento que se produzca un corte breve.

#### **Alumbrado de seguridad**

Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.

El alumbrado de seguridad estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produce el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal.

La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía. Sólo se podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos.

#### **Alumbrado de evacuación**

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados.



En rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, una iluminancia horizontal mínima de 1 lux.

El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

### **Alumbrado ambiente**

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar y acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos.

El alumbrado ambiente debe proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de 1 metro.

El alumbrado ambiente deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminación prevista

### **4.5.2. Normas de ejecución**

Se realizará la instalación de forma que permita la fácil introducción y retirada de los conductores, tanto en las bandejas como en los tubos, siempre, que estos estén colocados previamente.

No se permitirán más de tres conductores en los bornes por cada extremo de conexión.

Es preferible la utilización de interruptores omnipolares, pero en el caso de utilizarse unipolares, este deberá seccionar el conductor activo.



No se utilizará un mismo conductor de neutro para varios circuitos. Cualquier conductor, activo o no, podrá seccionarse en cualquier punto de la instalación.

Las tomas de corriente de una habitación deben estar conectadas a una misma fase, y si esto no fuera así, las tomas con distintas fases deberían estar separadas al menos 1,5 metros. Todas las tomas deberán tener un contacto de toma a tierra, ya que es obligatorio que los aparatos de uso en la actividad lleven enchufes con dispositivos de toma a tierra.

Todos los interruptores o pulsadores de maniobra deberán ser de material aislante.

Los circuitos eléctricos deberán ir protegidos contra sobreintensidades (interruptores automáticos) o cortocircuito (fusibles), que irán dispuestos sobre el conductor activo.

Deberá disponerse de un punto de puesta a tierra accesible y señalizado para poder medir la resistencia de tierra.

#### **4.5.2.1. Canalizaciones con tubos protectores en montaje interior**

Para las canalizaciones bajo tubos protectores se tendrán en cuenta las siguientes preinscripciones:

- Las canalizaciones se harán siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las paredes que limitan el local donde se realiza la instalación
- Los tubos deberán unirse entre sí mediante los accesorios adecuados para que se asegure la continuidad de la protección que dan a los conductores. Si los tubos debieran ser estancos, los empalmes se podrán recubrir con cola.
- Las curvas en los tubos no reducirán la sección mínima que especifica el fabricante.
- Deberá ser fácil la introducción de los conductores después de estar montados los tubos, por lo que se disponen de registros a 15 metros como máximo si son tramos rectos, y pudiendo haber 3 curvas como máximo



entre registros. Dichos registros pueden servir además como cajas de derivación o empalme, siempre que las conexiones se realicen con los bornes de conexión adecuados.

- Si se colocan tubos metálicos deberá tenerse en cuenta los fenómenos de condensación que se pueden dar en ellos, asegurando la evacuación del agua que se cree y su ventilación adecuada. Además se deberá tener en cuenta que los bordes no tengan rebabas que puedan dañar los conductores. Los conductores metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra, con una distancia máxima entre puestas a tierra de diez metros, y jamás se podrá utilizar los tubos como conductor de protección o neutro.
- Para evitar los efectos del frío y el calor por instalaciones colindantes se protegerán las canalizaciones con pantallas de protección de calor, con distancia suficiente entre las distintas instalaciones o con materiales aislantes adecuados.

#### **4.5.2.2. Canalizaciones con tubos protectores en montaje superficial**

Cuando las canalizaciones se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta también las siguientes preinscripciones:

- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose y usando las bridas o abrazaderas necesarias, siempre que estas estén protegidas contra corrosión y sólidamente sujetas.
- La altura de los tubos deberá ser superior a los 2,50 metros, siempre que sea posible, para evitar daños mecánicos.

#### **4.5.2.3. Conductores en bandejas**

Sólo se utilizan conductores aislados con cubierta, unipolares o multipolares. La anchura de las bandejas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 mm en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible por la bandeja en función de la anchura y de la





distancia entre soportes. Todos los accesorios como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones o soportes tendrán la misma calidad y características que la bandeja.

Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a techos y paredes mediante herrajes, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y deberán estar perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.

No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes mediante soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

#### **4.5.2.4. Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas**

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por lo tanto, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas... a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

#### **4.5.2.5. Acceso a las instalaciones**

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, cambios, etc.



En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismo, interruptores, bases, reguladores,... instalados en los locales húmedos o mojados serán de material aislante.

#### **4.5.2.6. Alumbrado**

La masa de las luminarias suspendidas de cables flexibles no debe exceder de 5 Kg. Los conductores que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección.

El uso de lámparas de gases con descargas a Alta Tensión, como por ejemplo las de neón, se permitirá cuando su ubicación esté fuera del local o cuando se instalen envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque.



Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor de neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9.

#### **4.5.2.7. Motores**

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125% de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección para ambas conexiones.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor como consecuencia del restablecimiento de la tensión pueda provocar accidentes o perjudicar al motor.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieron producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.



En general, los motores de potencia superior a 0,75KW deben estar previstos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el periodo de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

De 0,75 KW a 1,5 KW	4,5
De 1,5 KW a 5 KW	3
De 5 KW a 15 KW	2
Más de 15 KW	1,5

#### **4.5.2.8. Puesta a tierra**

Las puestas a tierra se establecen principalmente con el fin de limitar la tensión que con respecto a tierra puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurando la actuación de las protecciones y disminuyendo el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa de una parte del circuito o de una parte conductora mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de ellos.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.



- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencia externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

#### **4.5.2.9. Uniones a tierra**

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por: barras, tubos, pletinas, conductores desnudos (de cobre), placas, anillos o mallas metálicas, armaduras de hormigón enterradas (excepto las pretensadas) u otras estructuras que se demuestre que son apropiadas.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,5m.

La sección de los conductores de tierra cuando están enterrados debe estar acorde con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en su ITC-BT-18, Tabla 2.

#### **4.5.2.10. Protección contra sobreintensidades y sobretensiones**

##### **Protección contra sobreintensidades**

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluyendo el conductor neutro o compensador, estarán protegidos contra los efectos de las sobreintensidades.



Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

### **Protección contra sobrecargas**

El límite de intensidad admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección general puede estar constituido por un interruptor automático de corte onnipolar o por un interruptor automático que corte únicamente los conductores de fase o polares bajo la acción del elemento que controle la corriente en el conductor neutro.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

### **Situación de los dispositivos de protección**

Todos los dispositivos de protección se instalarán en los diferentes cuadros instalados en la nave. Estos dispositivos protegerán tanto a las instalaciones como a las personas contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se instalarán interruptores automáticos, diferenciales y fusibles.

### **Características de los dispositivos de protección**

Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentado el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.

Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Cumplirán la condición



de permitir su recambio bajo tensión de la instalación sin peligro alguno. Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo.

Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger en su funcionamiento a las curvas intensidad–tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito.

Los interruptores automáticos, llevarán marcada su intensidad y tensión nominal, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse y el símbolo que indique las características de desconexión, de acuerdo con la norma que le corresponda, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

#### **4.5.2.11. Protección contra contactos directos e indirectos**

##### **Protección contra contactos directos**

Para considerar satisfactoria la protección contra los contactos directos se tomará una de las siguientes medidas:

a) Alejamiento de las partes activas de la instalación del lugar donde circulen las personas habitualmente con un mínimo de 2,5 metros hacia arriba, 1 metro abajo y 1 metro lateralmente.

b) Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos deben estar fijados de forma segura y resistir a los esfuerzos mecánicos usuales que pueden presentarse en su función.



c) Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1 mA.

### **Protección contra contactos indirectos**

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc., que obligarán en cada caso a adoptar la medida de protección más adecuada.

Para instalaciones con tensiones superiores a 250 V con relación a tierra es necesario establecer sistemas de protección, cualquiera que sea el local, naturaleza del suelo, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos pueden ser de las clases siguientes:

#### **Clase A:**

Se basa en los siguientes sistemas:

- Separación de circuitos.
- Empleo de pequeñas tensiones.
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección; inaccesibilidad simultáneamente de elementos conductores y masas.
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección.
- Conexiones equipotenciales.

#### **Clase B:**

Se basa en los siguientes sistemas:





- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto.
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

La aplicación de los sistemas de protección de la clase A no es generalmente posible, sin embargo se puede aplicar de manera limitada y solamente para ciertos equipos, materiales o partes de la instalación.

#### **Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto**

Este sistema de protección consiste en la puesta a tierra de las masas, asociada a un dispositivo de corte automático sensible a la intensidad de defecto que origine la desconexión de la instalación defectuosa. Requiere que se cumplan las condiciones siguientes:

En instalaciones con el punto neutro unido directamente a tierra (como es el caso):

- La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz a 24 voltios en locales conductores y 50 voltios en los demás casos.
- Todas las masas de una instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Se utilizarán como dispositivos de corte automático sensibles a la corriente de defecto interruptores diferenciales. Los diferenciales provocan la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.



El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir del cual el interruptor diferencial abre automáticamente, en su tiempo conveniente la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

#### **4.5.2.12. Compensación del factor de potencia**

Las instalaciones que suministren energía a receptores de los que resulte un factor de potencia inferior a 0.90 deberán ser compensadas, sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva.

La compensación del factor de potencia podrá hacerse por una de las dos formas siguientes:

- Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen por medio de un solo interruptor; es decir funcionen simultáneamente.
- Para la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación ha de estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea superior de un 10% del valor medio obtenido en un prolongado periodo de funcionamiento.

Cuando se instalen condensadores y la conexión de estos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, estarán provistos aquellos de resistencias o reactancias se descarga a tierra.

#### **4.5.3. Centro de transformación**

##### **4.5.3.1. Obra civil**

Los Centros estarán constituidos enteramente con material no combustible, y los elementos delimitadores del Centro (muros exteriores, cubierta, puertas...) deberán tener una resistencia al fuego de acuerdo con la norma NBE CPI-96.



Los muros del Centro deberán tener entre sus parámetros una resistencia mínima de  $100000 \Omega$ . La medición de esta resistencia se realizará aplicando una tensión de 500 V entre dos placas de  $100 \text{ cm}^2$  cada una.

El Centro de Transformación tendrá un aislamiento acústico de forma que no transmita niveles sonoros superiores a 30 dB durante la noche y de 55 dB durante el día.

Ninguna de las aberturas del centro (rejillas) permitirá el paso de un objeto de 12 mm de diámetro, y las rejillas que den a partes con tensión no dejarán pasar objetos de más de 2,5 mm de diámetro.

#### **4.5.3.2. Aparamenta de alta tensión**

La aparamenta de Alta Tensión estará constituida por conjuntos compactos que se encontrarán bajo envolventes metálicas, y estarán diseñados para una tensión admisible de 36 kV.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra será un único aparato que tenga tres posiciones (abierto, cerrado y puesto a tierra), con el fin de imposibilitar el cierre simultáneo del interruptor y del seccionador de puesta a tierra. Dicho elemento deberá ser capaz de soportar la intensidad nominal que vaya a circular por él y de soportar más de 100 maniobras de apertura y cierre.

#### **4.5.3.3. Características constructivas**

Los conjuntos compactos deberán tener una envolvente única con dieléctrico de hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ). Toda la aparamenta estará agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre. En la cuba habrá una sobrepresión de 0,3 bar sobre la presión atmosférica. Se deberá encontrar sellada de tal forma que garantice que al menos durante 30 años no sea necesaria la reposición de gas. La cuba cumplirá la norma CEI 56. En la parte posterior se dispondrá de un sistema que asegure la evacuación de las eventuales sobrepresiones que puedan producirse sin daño ni para el operario ni para las instalaciones.



La seguridad de explotación será completada por los dispositivos de enclavamiento por candados existentes en cada uno de los ejes de accionamiento. Los cables se conectarán desde la parte frontal de las cabinas y los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura cómoda.

El interruptor-seccionador tendrá un esquema del circuito principal donde se vea su eje de accionamiento. También se añadirá a este esquema la posición en la que se encuentre el interruptor-seccionador.

### **Compartimento de aparallaje**

Estará relleno de SF<sub>6</sub> y sellado de por vida. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación. La presión relativa de llenado será de 0,3 bar.

Toda sobrepresión accidental originada en el interior del compartimento estará limitada por la apertura de la parte posterior del cárter. Los gases serán canalizados hacia la parte posterior de la cabina sin ninguna manifestación o proyección a la parte frontal. Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador. El seccionador de puesta a tierra dentro del SF<sub>6</sub>, deberá tener un poder de cierre en cortocircuito de 40 kA. El interruptor realizará las funciones de corte y seccionamiento.

### **Compartimento de juego de barras**

Se compondrá de tres barras aisladas de cobre conexionadas mediante tornillos de cabeza Allen de métrica 8.

### **Compartimento de conexión de cables**

Se podrán conectar cables ecos y cables con aislamiento de papel impregnado. Las extremidades de los cables serán simplificadas para cables secos o termorretráctiles para cables de papel impregnado.



### **Compartimento de mando**

Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra los siguientes accesorios si se requieren posteriormente:

- Motorizaciones
- Bobinas de cierre y/o apertura
- Contactos auxiliares

Este compartimento deberá ser accesible en tensión, pudiéndose motorizar, añadir accesorios o cambiar mandos manteniendo la tensión en el Centro.

### **Compartimento de control**

Si se trata de mandos motorizados, el compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión tanto en barras como en los cables.

### **Fusibles**

En la protección ruptofusible se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el capítulo de Cálculos de este proyecto. Se instalarán en tres compartimentos individuales estancos, cuya apertura estará enclavada con el seccionador de puesta a tierra, el cuál pondrá a tierra ambos extremos de los fusibles.

#### **4.5.3.4. Transformador**

El transformador a instalar será trifásico con neutro accesible en Baja Tensión, refrigeración natural en baño de aceite, con regulación de tensión primaria mediante conmutador accionable estando el transformador desconectado, servicio continuo y demás características detalladas en la memoria. La colocación del transformador se realizará de forma que éste quede correctamente instalado sobre vigas de apoyo.



### **Normas de ejecución de las instalaciones**

Todas las normas de construcción e instalación del Centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas. Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de la propia compañía eléctrica.

Deberá tenerse cuidado con los materiales, de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo quitar y reemplazar todos los que hubieran sufrido algún desperfecto.

### **Pruebas reglamentarias**

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada. Asimismo, una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de una entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores: resistencia de aislamiento de la instalación y del sistema de puesta a tierra y la tensión de paso y de contacto.

#### **4.5.3.5. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad**

##### **Prevenciones generales**

- Queda prohibida la entrada en el Centro a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.
- Se instalarán en sitios visibles y en su entrada placas con el símbolo de “Peligro de muerte”.
- No está permitido tener en el interior del local nada más excepto lo destinado al servicio del Centro (banqueta, guantes,...).
- No está permitido fumar ni encender ningún tipo de combustible en el local, y en caso de incendio no se utilizará agua.



- No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión sin encontrarse sobre la banqueta, aunque se esté aislado.
- En un sitio visible, en el interior del Centro, deberá estar el presente reglamento y el esquema de todas las conexiones de la instalación.

### **Puesta en servicio**

Se conectarán primero los seccionadores de Alta Tensión, y a continuación el interruptor de Alta Tensión, dejando de esta forma el transformador en vacío. Seguido se conectará el interruptor general de Baja Tensión, y por último a la maniobra de la red de Baja Tensión.

Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o se fundiera un fusible, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la instalación y si se observase alguna irregularidad, se notificará en ese instante a la empresa suministradora (Iberdrola).

### **Separación de servicio**

Se procederá en orden inverso al del párrafo uno del apartado anterior.

Si el interruptor fuera automático, sus relés deben regularse por disparo instantáneo con sobrecarga proporcional a la potencia del transformador, según la clase de la instalación.

Con el propósito de asegurar un buen contacto en las mordazas de los fusibles y cuchillas de los interruptores así como en las bornas de fijación de las líneas de Alta y Baja tensión, la limpieza se efectuará con la debida asiduidad. Si se tuviera que intervenir en la parte de la línea comprendida entre la celda de entrada y el seccionador aéreo exterior, se avisará por escrito a la compañía suministradora de la electricidad para que corte la corriente en la línea alimentadora. Los trabajos no podrán comenzar sin la conformidad de la compañía, que no restablecerá el servicio hasta recibir, con las debidas garantías, notificación de que la línea de Alta se encuentra en perfectas condiciones, para garantizar la seguridad de personas e instrumentos.



La limpieza se hará sobre banqueta y con trapos perfectamente secos. El aislamiento necesario para garantizar la seguridad personal sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en otros objetos que estén puestos a tierra.

### **Previsiones especiales**

No se modificarán los fusibles y al cambiarlos se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.

No debe de sobrepasar los 60°C la temperatura del líquido refrigerante en los aparatos que lo tuvieran, y cuando se precise cambiarlo, se empleará de la misma calidad y características.

Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra, y se vigilará el buen estado de los aparatos, poniendo en conocimiento de la compañía suministradora cualquier anomalía en el funcionamiento del Centro para su corrección.





#### **4.6. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD**

El usuario de las instalaciones, a fin de disponer de plenas garantías de seguridad en el uso de las mismas, deberá conectar los receptores en las condiciones de seguridad a la que está preparada la instalación:

- Las máquinas portátiles y otros aparatos que deban conectar deberán disponer de clavijas adecuadas para la conexión de dicha maquinaria tanto a los conductores de fase y neutro como al de protección o tierra.
- No sustituir ninguna lámpara ni realizar operación alguna en los receptores sin haberse antes cerciorado de que no hay posibilidad de existencia de corriente en el punto de manipulación, para lo cual lo más seguro será desconectar el interruptor magnetotérmico del circuito al que pertenece dicho punto o desconectar el interruptor general.



#### **4.7. CERTIFICADO Y DOCUMENTACIÓN**

A efectos de legalizar las instalaciones, se deberá disponer de la siguiente documentación:

##### **Empresa Promotora**

- Nombre de la empresa
- CIF y domicilio fiscal
- Nombre, apellidos y DNI del representante legal

##### **Instalador autorizado**

- Nombre de la empresa instaladora
- Número de Carnet de Instalador Autorizado
- Categoría y especialidad del Instalador
- Domicilio fiscal
- Certificados de Instalación Eléctrica en Baja Tensión

##### **Director de la Instalación Eléctrica:**

- Certificado de final de obra

Pamplona, a 27 de junio de 2011.

Fdo.: Miguel González Muro



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN PARA NAVE INDUSTRIAL.

PRESUPUESTO

Miguel González Muro

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, a 27 de junio de 2011



## **5. PRESUPUESTO**



## ÍNDICE

5.1. CAPÍTULO 1: ACOMETIDA.....	4
5.2. CAPÍTULO 2: PROTECCIONES .....	5
5.2.1. C.G.D .....	5
5.2.2. C.S.1: Planta Baja Oficinas.....	7
5.2.3. C.S.2: Primera Planta Oficinas .....	9
5.2.4. C.S.3: Segunda Planta Oficinas .....	11
5.2.5. C.S.4: Taller.....	13
5.2.6. C.S.5: Maquinaria .....	17
5.2.7. C.S.6: Almacén .....	20
5.2.8. Cuadros T.C.....	22
5.2.9. Resumen.....	23
5.3. CAPÍTULO 3: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES .....	24
5.3.1. Conductores .....	24
5.3.2. Tubos .....	26
5.3.3. Canalizaciones .....	28
5.3.4. Resumen.....	28
5.4. CAPÍTULO 4: PUESTA A TIERRA .....	29
5.5. CAPITULO 5: ALUMBRADO.....	31
5.5.1. Alumbrado interior .....	31
5.5.2. Alumbrado exterior.....	32
5.5.3. Alumbrado de emergencia.....	33
5.5.4. Resumen.....	33
5.6. CAPÍTULO 6: TOMAS DE CORRIENTE Y MECANISMOS .....	34
5.7. CAPÍTULO 7: EQUIPOS SAI .....	36



5.8. CAPITULO 8: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA .....	37
5.9. CAPÍTULO 9: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	38
5.9.1. Obra civil .....	38
5.9.2. Caseta del centro de transformación .....	39
5.9.3. Transformador .....	40
5.9.4. Aparamenta de media tensión .....	41
5.9.5. Equipo de baja tensión .....	43
5.9.6. Puesta a tierra del centro de transformación .....	46
5.9.7. Varios .....	47
5.9.8. Resumen .....	47
5.10. CAPÍTULO 10: EQUIPOS DE SEGURIDAD Y SALUD .....	48
5.11. RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	50



## 5.1. CAPÍTULO 1: ACOMETIDA

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Metros	Cable Marca: PRYSMIAN Modelo: Afumex 1000 V RZ1-K 0,6-1 kV 1x400 mm <sup>2</sup> Cu	60	219,20	13152,00
Metros	Cable Marca: PRYSMIAN Modelo: Afumex 1000 V RZ1-K 0,6-1 kV 1x185 mm <sup>2</sup> Cu	20	87,53	1750,60
Metros	Tubo de PVC corrugado de doble pared, de 400 mm de diámetro exterior, de 2,2 mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R de resistencia al aplastamiento 450 N.	20	5,25	105,00
Metros	Zanja sobre tierra de 50x70 cm. Con arena lavada debajo del tubo y relleno de tierra excavada.	20	3,15	63,00
Uds.	Arqueta troncopiramidal de 1x1 m <sup>2</sup> de base y 1m de profundidad. El cierre será con marco y tapa de fundición 0,60x0,60 m <sup>2</sup> . Totalmente instalada.	1	145,00	145,00
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	112,24
				15327,84



## 5.2. CAPÍTULO 2: PROTECCIONES

### 5.2.1. C.G.D

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Armario eléctrico con puerta transparente. Marca: IDE Modelo: DIAMANT ICP+16 Ref: PTI20	1	7,12	7,12
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico diferencial Marca: Merlin Gerin Modelo: Compact NS630N Calibre: 630 A Sensibilidad: 1 A 4 Polos	1	2650,32	2650,32
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Compact NS250N Calibre: 250 A Poder de corte: 22 kA 4 Polos	1	102,68	102,68
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Compact NS160N Calibre: 160 A Poder de corte: 22 kA 4 Polos	1	95,47	95,47





<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Compact C120H Calibre: 100 A Poder de corte: 16 kA Curva B 4 Polos	1	75,20	75,20
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C120H Calibre: 63 A Poder de corte: 16 kA Curva B 4 Polos	2	62,18	124,36
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C120H Calibre: 50 A Poder de corte: 16 kA Curva B 4 Polos	1	58,54	58,54
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	150,00
				3263,69



### 5.2.2. C.S.1: Planta Baja Oficinas

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Armario eléctrico con puerta transparente. Marca: IDE Modelo: DIAMANT ICP+54 Ref: PTI58	1	22,52	22,52
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 16 A Poder de corte: 3 kA Curva B 2 Polos	20	6,88	137,60
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 16 A Poder de corte: 3 kA Curva C 2 Polos	7	6,97	48,79
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 P60N Calibre: 16 A Poder de corte: 4,5 kA Curva C 4 Polos	1	42,48	42,48



<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 6 A Sensibilidad: 30 mA 4 Polos	2	181,30	362,60
Uds.	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 10 A Sensibilidad: 30 mA 4 Polos	2	183,82	367,64
Uds.	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 16 A Sensibilidad: 30 mA 4 Polos	3	186,24	558,72
Uds.	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 16 A Sensibilidad: 300 mA 4 Polos	1	156,68	156,68
Uds.	Interrupor seccionador Calibre: 63 A 4 Polos	1	321,00	321,00
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	150,00
				2168,03



### 5.2.3. C.S.2: Primera Planta Oficinas

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Armario eléctrico con puerta transparente. Marca: IDE Modelo: DIAMANT ICP+54 Ref: PTI58	1	22,52	22,52
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 16 A Poder de corte: 3 kA Curva B 2 Polos	10	6,88	68,80
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 16 A Poder de corte: 3 kA Curva C 2 Polos	21	6,97	146,37
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 25 A Poder de corte: 3 kA Curva C 2 Polos	1	9,53	9,53



<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 10 A Sensibilidad: 30 mA 4 Polos	3	183,82	551,46
Uds.	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 16 A Sensibilidad: 30 mA 4 Polos	4	186,24	744,96
Uds.	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 25 A Sensibilidad: 300 mA 4 Polos	1	163,02	163,02
Uds.	Interrupor seccionador Calibre: 100 A 4 Polos	1	679,02	679,02
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	150,00
				2535,68

**5.2.4. C.S.3: Segunda Planta Oficinas**

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Armario eléctrico con puerta transparente. Marca: IDE Modelo: DIAMANT ICP+28 Ref: PTI32	1	14,70	14,70
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 16 A Poder de corte: 3 kA Curva B 2 Polos	3	6,88	20,64
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 16 A Poder de corte: 3 kA Curva C 2 Polos	4	6,97	27,88
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 20 A Poder de corte: 3 kA Curva B 2 Polos	6	8,04	48,24



<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 20 A Poder de corte: 3 kA Curva C 2 Polos	2	8,21	16,42
Uds.	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 6 A Sensibilidad: 30 mA 4 Polos	1	181,30	181,30
Uds.	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 16 A Sensibilidad: 30 mA 4 Polos	2	186,24	372,48
Uds.	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 25 A Sensibilidad: 30 mA 4 Polos	1	191,15	191,15
Uds.	Interruptor seccionador Calibre: 50 A 4 Polos	1	192,53	192,53
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	150,00
				1215,34

**5.2.5. C.S.4: Taller**

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Armario eléctrico con puerta transparente. Marca: IDE Modelo: DIAMANT ICP+54 Ref: PTI58	1	22,52	22,52
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 6 A Poder de corte: 6 kA Curva B 4 Polos	3	43,18	129,54
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 16 A Poder de corte: 10 kA Curva B 2 Polos	9	41,37	372,33
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 16 A Poder de corte: 16 kA Curva C 4 Polos	2	63,42	126,84





<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 20 A Poder de corte: 10 kA Curva B 2 Polos	3	42,59	127,77
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 20 A Poder de corte: 16 kA Curva B 4 Polos	5	64,00	320,00
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 25 A Poder de corte: 10 kA Curva B 2 Polos	7	43,34	303,38
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 50 A Poder de corte: 10 kA Curva B 2 Polos	5	69.99	349,95



<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 50 A Poder de corte: 16 kA Curva B 4 Polos	1	73,18	73,18
Uds.	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 6 A Sensibilidad: 30 mA 4 Polos	1	181,30	181,30
Uds.	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 6 A Sensibilidad: 300 mA 4 Polos	1	151,74	151,74
Uds.	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 16 A Sensibilidad: 30 mA 4 Polos	1	186,24	186,24
Uds.	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 16 A Sensibilidad: 300 mA 4 Polos	2	156,68	313,36



<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 25 A Sensibilidad: 30 mA 4 Polos	1	191,15	191,15
Uds.	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 40 A Sensibilidad: 30 mA 4 Polos	2	197,40	394,8
Uds.	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 50 A Sensibilidad: 300 mA 4 Polos	1	172,30	172,30
Uds.	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 63 A Sensibilidad: 300 mA 4 Polos	1	186,20	186,20
Uds.	Interrupor seccionador Calibre: 250 A 4 Polos	1	1376,68	1376,68
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	150,00
				5129,28

**5.2.6. C.S.5: Maquinaria**

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Armario eléctrico con puerta transparente. Marca: IDE Modelo: DIAMANT ICP+28 Ref: PTI32	1	14,70	14,70
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C120H Calibre: 80 A Poder de corte: 16 kA Curva C 4 Polos	1	66,72	66,72
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 16 A Poder de corte: 10 kA Curva B 2 Polos	1	41,37	41,37
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 16 A Poder de corte: 16 kA Curva B 4 Polos	1	63,15	63,15



<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 16 A Poder de corte: 16 kA Curva C 4 Polos	10	63,42	634,20
Uds.	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 6 A Sensibilidad: 300 mA 4 Polos	1	151,74	151,74
Uds.	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 16 A Sensibilidad: 300 mA 4 Polos	4	156,68	626,72
Uds.	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 25 A Sensibilidad: 300 mA 4 Polos	1	163,02	163,02
Uds.	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 63 A Sensibilidad: 300 mA 4 Polos	1	186,20	186,20



<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Interruptor seccionador Calibre: 150 A 4 Polos	1	862,20	862,20
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	150,00
				2960,02

**5.2.7. C.S.6: Almacén**

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Armario eléctrico con puerta transparente. Marca: IDE Modelo: DIAMANT ICP+16 Ref: PTI20	1	7,12	7,12
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 6 A Poder de corte: 6 kA Curva B 4 Polos	1	43,18	43,18
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 16 A Poder de corte: 3 kA Curva B 2 Polos	1	6,88	6,88
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 16 A Poder de corte: 6 kA Curva C 4 Polos	2	44,28	88,56



<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 20 A Poder de corte: 6 kA Curva B 4 Polos	1	44,91	44,91
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 25 A Poder de corte: 3 kA Curva B 2 Polos	3	9,32	27,96
Uds.	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 6 A Sensibilidad: 300 mA 4 Polos	1	151,74	151,74
Uds.	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 25 A Sensibilidad: 30 mA 4 Polos	1	191,15	191,15
Uds.	Interruptor seccionador Calibre: 63 A 4 Polos	1	321,00	321,00
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	150,00
				1032,50



**5.2.8. Cuadros T.C.**

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Armario eléctrico con puerta transparente. Marca: IDE Modelo: DIAMANT ICP+16 Ref: PTI20	35	7,12	249,20
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 16 A Poder de corte: 6 kA Curva B 4 Polos	35	45,92	1607,20
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 16 A Poder de corte: 3 kA Curva B 2 Polos	70	6,88	481,60
Uds.	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 10 A Sensibilidad: 300 mA 4 Polos	35	153,21	5362,35
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	150,00
				7850,35

**5.2.9. Resumen**

<i>Descripción</i>	<i>Importe [€]</i>
C.G.D.	3263,69
C.S.1: Planta Baja Oficinas	2168,03
C.S.2: 1ª Planta Oficinas	2535,68
C.S.3: 2ª Planta Oficinas	1215,34
C.S.4: Taller	5129,28
C.S.5: Maquinaria	2960,02
C.S.6: Almacén	1032,50
Cuadros T.C.	7850,35
	26154,89



### 5.3. CAPÍTULO 3: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES

#### 5.3.1. Conductores

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Metros	Cable flexible Marca: PRYSMIAN Modelo: Afumex 1000 V RZ1-K 0,6-1 kV 1x1,5 mm <sup>2</sup> Cu	5420	1,45	7859,00
Metros	Cable flexible Marca: PRYSMIAN Modelo: Afumex 1000 V RZ1-K 0,6-1 kV 1x2,5 mm <sup>2</sup> Cu	7131	2,00	14262,00
Metros	Cable flexible Marca: PRYSMIAN Modelo: Afumex 1000 V RZ1-K 0,6-1 kV 1x4 mm <sup>2</sup> Cu	1770	2,94	5203,80
Metros	Cable flexible Marca: PRYSMIAN Modelo: Afumex 1000 V RZ1-K 0,6-1 kV 1x6 mm <sup>2</sup> Cu	1500	3,68	5520,00
Metros	Cable flexible Marca: PRYSMIAN Modelo: Afumex 1000 V RZ1-K 0,6-1 kV 1x10 mm <sup>2</sup> Cu	400	5,85	2340
Metros	Cable flexible Marca: PRYSMIAN Modelo: Afumex 1000 V RZ1-K 0,6-1 kV 1x16 mm <sup>2</sup> Cu	1002	8,56	1010,56



<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Metros	Cable flexible Marca: PRYSMIAN Modelo: Afumex 1000 V RZ1-K 0,6-1 kV 1x25 mm <sup>2</sup> Cu	253	12,93	3271,29
Metros	Cable flexible Marca: PRYSMIAN Modelo: Afumex 1000 V RZ1-K 0,6-1 kV 1x50 mm <sup>2</sup> Cu	40	25,86	1034,40
Metros	Cable flexible Marca: PRYSMIAN Modelo: Afumex 1000 V RZ1-K 0,6-1 kV 1x95 mm <sup>2</sup> Cu	80	46,79	3743,20
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	1640,12
				46584,37



### 5.3.2. Tubos

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Metros	Tubo flexible Marca: Pensa Modelo: Pensaflex RB-PA 16 mm Ref: 100460012	1585	5,94	9414,90
Metros	Tubo flexible Marca: Pensa Modelo: Pensaflex RB-PA 20 mm Ref: 100460017	1602	9,23	14786,46
Metros	Tubo flexible Marca: Pensa Modelo: Pensaflex RB-PA 25 mm Ref: 100460023	96	13,12	1259,52
Metros	Tubo flexible Marca: Pensa Modelo: Pensaflex RB-PA 32 mm Ref: 100460029	80	16,62	1329,60
Metros	Tubo flexible Marca: Pensa Modelo: Pensaflex RB-PA 40 mm Ref: 100460036	10	21,40	214,00
Metros	Tubo flexible Marca: Pensa Modelo: Pensaflex RB-PA 50 mm Ref: 100460048	365	30,40	11096,00



<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Metros	Tubo flexible Marca: Pemsa Modelo: Pemsaflex RB-PA 63 mm Ref: 100460052	5	44,90	224,50
Metros	Tubo flexible Marca: Pemsa Modelo: Pemsaflex RB-PA 75 mm Ref: 100460070	5	81,24	406,2
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	652,24
				39383,42



### 5.3.3. Canalizaciones

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Metros	<p>Bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente</p> <p>Marca: Pensa</p> <p>Modelo: Pensaband LX perforada de 200 mm de ancho, 60 mm de ala y 0,6 mm de espesor</p> <p>Ref: 75822200</p> <p>Incluidas uniones y fijaciones.</p>	390,28	14,32	5588,81
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	440,00
				6028,81

### 5.3.4. Resumen

<i>Descripción</i>	<i>Importe [€]</i>
Conductores	46584,37
Tubos	39383,42
Canalizaciones	6028,81



#### 5.4. CAPÍTULO 4: PUESTA A TIERRA

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Caja de seccionamiento a tierra Marca: URIARTE Modelo: CST-50	1	38,99	38,99
Uds.	Pica de tierra de acero cobrizado Marca: URIARTE Modelo: PTC-1,420 de 1,4 m de longitud y 16 mm de diámetro.	14	38,58	540,12
Uds.	Arqueta prefabricada con marco Marca: PREMULASA Dimensiones: 50 mm x 50 mm incluyendo lecho de grava o arena.	14	19,57	273,98
Uds.	Tapa de registro metálica Marca URIARTE Modelo: TR-230.	14	10,73	150,22
Uds.	Registro para toma de tierra de PVC de 250x250 mm Marca: URIARTE Modelo: TRP/250	1	5,59	5,59
Metros	Cable de cobre 35 mm <sup>2</sup> desnudo.	425	0,74	314,50
Uds.	Conexión eléctrica entre cable de tierra, picas y pilares metálicos con soldadura aluminotérmica. Marca: CADWELL	75	5,48	411,00





<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Conexión eléctrica entre cable de tierra y barra de conexión con soldadura aluminotérmica. Marca CADWELL	1	16,14	16,14
Uds.	Conexión equipotencial en cuartos de baño y aseos con conductor de cobre flexible con T. aislamiento de 750 V, de sección 1x4 mm <sup>2</sup> , incluso soldadura autógena o collarines de material no férreo, mano de obra de montaje, completo colocado.	9	11,51	103,59
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	214,84
				2068,97



## 5.5. CAPITULO 5: ALUMBRADO

### 5.5.1. Alumbrado interior

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Luminaria industrial Marca: Philips Modelo: Cabana HPK150 HPI-P400W-BU Ref: 14232600	67	285,00	19095,00
Uds.	Luminaria fluorescente con lámpara Marca: Philips Modelo: TPS350 4xTL5-54W HFP Ref: 23823100	110	415,00	45650,00
Uds.	Luminaria fluorescente con lámpara Marca: Philips Modelo: TCW060 2xTL-D58W HF Ref: 81382099	21	49,00	1029,00
Uds.	Luminaria tipo downlight Marca: Philips Modelo: FBS120 2xPL-C/2P26W Ref: 08604800	32	87,00	2784,00
Uds.	Luminaria tipo downlight Marca: Philips Modelo: FBS120 2xPL-C/2P18W Ref: 08580500	8	87,00	696,00
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	74,49
				69328,49



### 5.5.2. Alumbrado exterior

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Luminaria exterior Marca: Philips Modelo: MPF111 1xHPI-T400W 230V Ref: 38636500	4	718,00	2872,00
Uds.	Luminaria exterior Marca: Philips Modelo: SNF100 1xSON-T150W 230V Ref: 27213900	9	335,00	3015,00
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	100,00
				5977,00



### 5.5.3. Alumbrado de emergencia

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Luminaria de emergencia Marca: Legrand Modelo: Serie C3 70 lm 1h NP Ref: 0615 08	24	44,99	1079,76
Uds.	Luminaria de emergencia Marca: Legrand Modelo: Serie C3 200 lm 1h C Ref: 0615 20	34	124,19	4222,46
Uds.	Luminaria de emergencia Marca: Legrand Modelo: Serie NFL65 770 lm 1h NP LVS Ref: 0618 49	14	293,12	4103,68
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	50,61
				9456,51

### 5.5.4. Resumen

<i>Descripción</i>	<i>Importe [€]</i>
Alumbrado interior	69328,49
Alumbrado exterior	5977,00
Alumbrado de emergencia	9456,52
	84762,00



## 5.6. CAPÍTULO 6: TOMAS DE CORRIENTE Y MECANISMOS

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Marco 1 elemento Marca: SIMON Modelo: S-31 Blanco	72	2,26	162,72
Uds.	Marco 2 elemento Marca: SIMON Modelo: S-31 Blanco	14	4,25	59,50
Uds.	Marco 3 elemento Marca: SIMON Modelo: S-31 Blanco	33	5,95	196,35
Uds.	Marco 4 elemento Marca: SIMON Modelo: S-31 Blanco	2	8,34	16,68
Uds.	Mecanismo interruptor Marca: SIMON Modelo: S-31 Blanco	22	5,19	114,18
Uds.	Mecanismo conmutador Marca: SIMON Modelo: S-31 Blanco	39	5,68	221,52
Uds.	Mecanismo conmutador de cruce Marca: SIMON Modelo: S-31 Blanco	14	9,98	139,72
Uds.	Mecanismo Toma de Corriente 16 A Marca: SIMON Modelo: S-31 Blanco	127	4,54	576,58



<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Pulsador luminoso de empotrar completo Marca: NIESSEN Modelo: ARCO blanco alpino	20	11,25	225,00
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	130,00
				1842,25



## **CAPÍTULO 7: EQUIPOS SAI**

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Ud. S.A.I. monofásica. Marca: SALICRU Autonomía: 10 minutos. Tecnología ON-LINE doble conversión PWM, BYPASS estático y manual. SWOFTWARE de comunicaciones. Entrada 230V+10% -15%. Salida 230V +-5%. Frecuencia 50Hz.	3	578,14	1734,42
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	145,00
				1879,42



## 5.7. CAPITULO 8: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Batería de condensadores Marca: Merlin Gerin Modelo: Rectimat 2 50Hz 400V 105KVA (7x15KVA) Cubicle 1 NS250 Ref: 52614	1	18842,00	18842,00
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	640,00
				19482,00





## 5.8. CAPÍTULO 9: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 5.8.1. Obra civil

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Preparación y acondicionamiento para instalación de edificio. Dimensiones de excavación: 7 m de longitud, 6 m de anchura y 0,60 m de profundidad. Colocación de capa de arena de 0,1 m, colocación de tubos de canalización, relleno, compactado del hueco perimetral con materiales de la excavación, reposición del pavimento y retirada de sobrante de vertedero.	1	1055,00	1055,00
				1055,00



### 5.8.2. Caseta del centro de transformación

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Caseta tipo con paneles que forman la envolvente, armaduras de hormigón unidas entre si y al colector de tierras. Marca: Merlin Gerin Modelo: EHC-4T1D Se incluye el precio del montaje.	1	7742,53	7742,53
				7742,53



### 5.8.3. Transformador

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Transformador trifásico con neutro accesible en el secundario Marca: ORMAZÁBAL Modelo: 24 kV D <sub>0</sub> C <sub>k</sub> (AB') Potencia: 400 KVA Relación de transformación: 20000/240 V Grupo de conexión: Dyn11 Tensión de aislamiento: 24 kV Frecuencia: 50 Hz Pérdidas en vacío: 750 W Pérdidas en carga: 4600 W Tensión de cortocircuito: 4% Volumen de aceite: 330 litros Pero: 1330 kg. Dimensiones: 1537 x 941 x 1004 mm	1	7666,07	7666,07
				7666,07



#### 5.8.4. Aparamenta de media tensión

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	<b>CELDA DE LINEA:</b> Unidad de entrada o salida bajo envolvente metálica. Marca: Merlin Gerin Modelo: SM6 24 IM Tensión de aislamiento: 24kV Dimensiones: 375 mm de ancho por 1600 mm de alto y 840 mm de fondo. Se incluye en el precio el montaje y conexión.	1	1245,00	1245,00
Uds.	<b>CELDA DE PROTECCIÓN:</b> Celda con interruptor automático extraíble y seccionador de aislamiento bajo envolvente metálica. Marca: Merlin Gerin Modelo: SM6 24 DM1-W Tensión de aislamiento: 24kV Dimensiones: 750 mm de ancho por 1600 mm de alto y 840 mm de fondo. Se incluye en el precio el montaje y conexión.	1	4050,00	4050,00



<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	<p>CELDA DE MEDIDA:</p> <p>Unidad de medición de corriente y tensión con entrada inferior y salida superior lateral por barras, bajo envolvente metálica.</p> <p>Marca: Merlin Gerin</p> <p>Modelo: SM6 24 GBC-A o similar</p> <p>Tensión de aislamiento: 24 kV</p> <p>Dimensiones: 750 mm de ancho por 1600 mm de alto y 840 mm de fondo.</p> <p>Se incluye en el precio el montaje y conexión.</p>	1	4780,00	4780,00
				10075,00



### 5.8.5. Equipo de baja tensión

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	MEDIDA DE ENERGÍA: Conjunto de medida de energía, que incluye el tubo de acero galvanizado y sus fijaciones; el conductor para los circuitos de intensidad y tensión; y el módulo de medida de tarifa doble que incluye dos contadores de activa con un taxímetro y un contador de reactiva, así como un reloj para discriminación de tarifas. Totalmente instalado.	1	1765,00	1765,00
Uds.	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin Modelo: Prisma Sistema G con IP55 de 11 módulos Dimensiones: 650 x 600 x 230 mm. Ref: 08303.	1	187,62	187,62
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 16 A Poder de corte: 10 kA Curva B 2 Polos	3	41,37	124,11



<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Interruptor automático magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Modelo: Multi 9 C60N Calibre: 16 A Poder de corte: 16 kA Curva B 4 Polos	1	63,15	63,15
Uds.	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin o similar Calibre: 16 A Sensibilidad: 30 mA 4 Polos	1	186,24	186,24
Uds.	Luminaria fluorescente con lámpara Marca: Philips Modelo: TCW060 2xTL-D58W HF Ref: 81382099	2	49,00	98,00
Uds.	Luminaria de emergencia Marca: Legrand Modelo: Serie C3 200 lm 1h C Ref: 0615 20	34	124,19	4222,46
Metros	Cable flexible Marca: PRYSMIAN Modelo: Afumex 1000 V RZ1-K 0,6-1 kV 1x1,5 mm <sup>2</sup> Cu	20	1,45	29,00
Metros	Cable flexible Marca: PRYSMIAN Modelo: Afumex 1000 V RZ1-K 0,6-1 kV 1x2,5 mm <sup>2</sup> Cu	10	2,00	20,00



<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Metros	Tubo flexible Marca: Pemsa Modelo: Pemsaflex RB-PA 16 mm Ref: 100460012	10	5,94	59,40
-	Mano de obra y material de instalación.	-	-	72,83
				6827,81





### 5.8.6. Puesta a tierra del centro de transformación

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Tierra de protección del centro de transformación realizada en anillo de 7 x 6 m a 0,5 m de profundidad con conductor desnudo de cobre de 50 mm <sup>2</sup> y 4 picas de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 6 metros de largo. Incluida línea de tierra interior formada por conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> . Incluidas arquetas de registro y caja de seccionamiento. Incluida soldadura aluminotérmica y otros elementos para conexión. Totalmente instalada y conexionada.	1	980,00	980,00
Uds.	Tierra de servicio realizada en hilera con 9 m de conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> uniendo 4 picas de 14 mm de diámetro y 4 m de longitud separada 3 m entre sí a 0,5 m de profundidad, unido al centro de transformación por conductor de cobre de 50 mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1 KV. Incluida arqueta de registro y caja de seccionamiento. Incluidos elementos de conexión. Totalmente instalado y conexionado.	1	590,00	590,00
				1570,00



### 5.8.7. Varios

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Extintor de eficacia equivalente 89B.	1	55,45	55,45
Uds.	Banqueta aislante para maniobrar la aparamenta	1	111,25	111,25
Uds.	Guantes de amianto	1	52,30	52,30
Uds.	Placa reglamentaria de “peligro de muerte”.	2	12,40	24,80
Uds.	Placa reglamentaria de “primeros auxilios”.	1	12,40	12,40
				256,20

### 5.8.8. Resumen

<i>Descripción</i>	<i>Importe [€]</i>
Obra civil	1055,00
Caseta del centro de transformación	7742,53
Transformador	7666,07
Aparamenta de Media Tensión	10075,00
Equipo de Baja Tensión	6827,81
Puesta a tierra del centro de transformación	1570,00
Varios	256,20
	35192,61



## 5.9. CAPÍTULO 10: EQUIPOS DE SEGURIDAD Y SALUD

<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para protección de descargas eléctricas.	5	3,73	18,65
Uds.	Arnés de seguridad con amarre dorsal + marre torsal + amarre lateral, acolchado y cinturón giro 180° para trabajos de electricidad, fabricado con fibra de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable. Certificado C.E.	3	54,45	163,35
Uds.	Placa señalización-información en PVC serigrafiado de 50x30 cm, fijada mecánicamente.	1	3,43	3,43
Uds.	Señal de seguridad triangular de L= 70 cm, normalizada, con trípode tubular según R.D. 485/97.	1	15,96	15,96
Uds.	Gafas protectoras contra impactos, incoloras.	2	3,14	6,28
Uds.	Gafas antipolvo antiempañables, panorámicas.	3	0,81	2,43
Uds.	Cascos protectores auditivos. Protectores auditivos con arnés a la nuca. Certificado C.E.	2	3,12	6,24
Uds.	Juego de tapones antirruído de silicona ajustables. Certificado C.E.	4	1,41	5,64
Uds.	Faja protección lumbar. Certificado C.E.	2	2,80	5,60
Uds.	Chaleco de trabajo de poliéster y algodón. Certificado C.E.	2	13,50	27,00



<i>Ud.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Ud. [€]</i>	<i>Importe [€]</i>
Uds.	Par de rodilleras ajustables de protección ergonómica. Certificado C.E.	2	2,63	5,26
Uds.	Cinturón portaherramientas.	1	5,89	5,89
Uds.	Mono de trabajo, de una pieza de poliéster- algodón. Certificado C.E	2	15,29	30,58
Uds.	Par guantes de uso general de lona y serraje. Certificado C.E.	4	1,40	5,60
Uds.	Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación. Certificado C.E.	2	9,32	18,64
Uds.	Cinta balizamiento bicolor rojo-blanco de material plástico, incluso colocación y desmontaje.	24	0,62	14,88
Uds.	Lámpara portátil de mano, con cesto protector y mango aislante.	1	3,45	3,45
Uds.	Extintor de polvo ABC 6 Kg. PR. INC Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 Kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor, según norma UNE 23110.	1	22,84	22,84
				361,72



## 5.10. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1.....	15327,84 €
CAPÍTULO 2.....	26154,89 €
CAPÍTULO 3.....	91996,60 €
CAPÍTULO 4.....	2068,97 €
CAPÍTULO 5.....	84762,00 €
CAPÍTULO 6.....	1842,25 €
CAPÍTULO 7.....	1879,42 €
CAPÍTULO 8.....	19482,00 €
CAPÍTULO 9.....	35192,61 €
CAPÍTULO 10.....	361,72 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....</b>	<b>279068,30 €</b>
Gastos generales (5%) .....	13953,42 €
Beneficio industrial (10%).....	27906,83 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.....</b>	<b>320928,55 €</b>
I.V.A. en vigor (18%) .....	57767,14 €

**TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA**

**(CON I.V.A.)..... 378695,69 €**

El presupuesto total de ejecución por contrata del proyecto asciende a la cantidad de TRESCIENTOS SETENTA Y OCHO MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y CINCO CON SESENTA Y NUEVE CENTIMOS.

**TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA ..... 320928,55 €**

Honorarios de redacción del proyecto (4%) ..... 12837,14 €

Honorarios de dirección de obra (4%) ..... 12837,14 €

**TOTAL PRESUPUESTO ..... 346602,83 €**

I.V.A. en vigor (18%) ..... 62388,51 €

**TOTAL PRESUPUESTO (CON I.V.A.) ..... 408991,34 €**

El presupuesto total del proyecto asciende a la cantidad de CUATROCIENTOS OCHO MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y UNO EUROS CON TREINTA Y CUATRO CENTIMOS.

Pamplona, a 27 de junio de 2011.

Fdo.: Miguel González Muro



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN PARA NAVE INDUSTRIAL.

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Miguel González Muro

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, a 27 de junio de 2011



## **6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**





## ÍNDICE

6.1. OBJETO.....	5
6.2. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....	6
6.3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS .....	7
6.3.1. Riesgos generales.....	7
6.3.2. Riesgos profesionales y factores de riesgo en el trabajo .....	7
6.3.2.1. El trabajo.....	7
6.3.2.2. La salud.....	8
6.3.2.3. Los riesgos profesionales.....	8
6.3.3. Riesgos derivados de las condiciones de seguridad.....	11
6.3.3.1. Factores de seguridad en el lugar de trabajo.....	11
6.3.3.2. Máquinas y equipos de trabajo .....	12
6.3.3.3. Riesgo eléctrico.....	12
6.3.3.4. Riesgo de incendio.....	13
6.3.4. Riesgos derivados del medioambiente físico.....	13
6.3.4.1. Ruido.....	13
6.3.4.2. Vibraciones .....	14
6.3.4.3. Radiaciones .....	14
6.3.4.4. Condiciones termo-higiénicas.....	15
6.3.5. Riesgos derivados de contaminantes químicos y biológicos .....	15
6.3.5.1. Contaminantes químicos.....	15
6.3.5.2. Contaminantes biológicos.....	16
6.4. MEDIDAS IMPLANTADAS.....	17
6.4.1. Medidas generales.....	17
6.4.2. Prevención de accidentes por caídas.....	18
6.4.3. Prevención de accidentes oculares.....	19
6.4.4. Prevención de accidentes por cortes .....	19
6.4.5. Prevención de accidentes por atrapamiento.....	20



6.4.6. Prevención de accidentes con herramientas manuales .....	20
6.4.7. Prevención de accidentes en máquinas portátiles eléctricas .....	21
6.4.8. Prevención de accidentes en máquinas neumáticas .....	22
6.4.9. Prevención de accidentes de máquinas-herramientas .....	22
6.4.10. Prevención de accidentes en almacenamientos .....	23
6.4.11. Prevención de accidentes eléctricos.....	23
 6.5. PROTECCIONES COLECTIVAS.....	 26
6.5.1. Protecciones colectivas generales .....	26
6.5.1.1. Señalización .....	26
6.5.1.2. Protección de personas en instalaciones eléctricas .....	28
6.5.1.3. Señales ópticas y acústicas de vehículos de obra .....	29
6.5.1.4. Aparatos elevadores .....	30
6.5.2. Protecciones colectivas particulares a cada fase de la obra .....	32
6.5.2.1. Protección contra caídas de personas y objetos a diferentes alturas	32
6.5.2.2. Pasarelas.....	32
6.5.2.3. Escaleras portátiles .....	32
6.5.2.4. Accesos y zonas de paso del personal, orden y limpieza.....	33
6.5.2.5. Eslingas de cadena .....	33
6.5.2.6. Eslingas de cable.....	33
6.5.2.7. Cabina de la maquinaria de movimientos de tierras .....	33
6.5.2.8. Condiciones generales en trabajos de excavación y ataluzado.....	34
6.5.2.9. Topes para vehículos en el perímetro de la excavación.....	34
6.5.2.10. Ataluzado de las paredes de excavación.....	34
6.5.2.11. Barandillas de protección.....	35
6.5.2.12. Cuerda de retenida .....	36
6.5.2.13. Sirgas .....	37
6.5.2.14. Prevención de incendios, orden y limpieza .....	37
 6.6. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL .....	 39
 6.7. PLANES DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN .....	 43



6.8. PRIMEROS AUXILIOS.....	45
6.9. NORMATIVA APLICABLE .....	46



## 6.1. **OBJETO**

El objeto de este estudio es establecer las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción de acuerdo con la legislación vigente, identificando, analizando y estudiando los diferentes riesgos laborales que puedan ser o no evitados, proponiendo las medidas técnicas para eliminar o disminuir dichos riesgos según el caso.

Este estudio de seguridad establece, durante la ejecución de los trabajos de la unidad de obra citada, las previsiones respecto a la prevención de riesgos y accidentes profesionales.

Así pues, este estudio de Seguridad y Salud pretende:

- Dar cumplimiento a la Ley 31/1995 del 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación de un empresario titular de un Centro de Trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y las medidas de protección y prevención correspondientes.
- Recordar a las diferentes partes (promotor, contratista, etc.) sus obligaciones en materia de seguridad, comunicar a los diferentes organismos la existencia de esta obra, obtener las licencias necesarias, etc.

Basándose en este Estudio Básico de Seguridad, se elaborará un Plan de Seguridad y Salud, en el que tendrán en cuenta las circunstancias particulares de los trabajos objeto del contrato.



## **6.2. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

El punto de partida para el desarrollo de las funciones del nivel básico de la actividad preventiva es el conocimiento de los conceptos y aspectos más generales relativos a la seguridad y salud laboral y la prevención de los riesgos derivados del trabajo en la empresa.

### **Objetivos:**

- Conocer los conceptos fundamentales que conforman el campo de la seguridad y salud laboral.
- Identificar la normativa básica que regula la materia de la seguridad y salud laboral.

La salud, en líneas generales, es el resultado de un proceso de desarrollo individual de la persona, que se puede ir logrando o perdiendo en función de las condiciones que le rodean, es decir, de su entorno y su propia voluntad.

La seguridad es la eliminación de todo riesgo profesional, o dicho de otra manera, la eliminación de toda posibilidad de daño a las personas o bienes, como consecuencia de circunstancias o condiciones de trabajo.

Una vez definido seguridad y salud, se deben de ver los posibles riesgos que se pueden tener en el trabajo, identificarlos en la nave del presente proyecto, y dar unas soluciones para minimizar lo máximo posible el riesgo de daño a personas o bienes.



## **6.3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS**

### **6.3.1. Riesgos generales**

Existen elementos energéticos agresivos presentes en el medio ambiente y generados por fuentes concretas. Estas energías son mecánicas, térmicas y electromagnéticas. Las más destacables son:

- Ruido.
- Vibraciones.
- Iluminación.
- Condiciones ambientales.
- Radiaciones ionizantes y no ionizantes.
- Campos eléctricos y magnéticos.
- Presiones y depresiones.

Una vez visto los tipos de riesgos, es necesario poner medidas de seguridad, y para ello es conveniente:

- Identificar y valorar los diferentes factores de riesgo presentes en la actividad laboral y los daños que puedan ocasionar en la salud de los trabajadores.
- Reconocer las situaciones de riesgo para proponer y desarrollar acciones de prevención eficaces.

### **6.3.2. Riesgos profesionales y factores de riesgo en el trabajo**

#### **6.3.2.1. El trabajo**

El trabajo es la actividad que realiza el hombre transformando la naturaleza para su beneficio, buscando satisfacer necesidades humanas, mejora de la calidad de vida y satisfacción personal.



Esta actividad puede provocar efectos no deseados sobre la salud de los trabajadores, ya sea por la pérdida o ausencia de trabajo (hoy en día la precariedad del mercado laboral y el paro suponen un importante problema para la salud, con repercusiones individuales, familiares y sociales) o por las condiciones en las cuales se realiza (accidentes, enfermedades derivadas del entorno laboral).

Aunque las formas de entender el trabajo han variado a lo largo de la historia, el trabajo presenta dos características fundamentales:

- **Tecnificación:** invención y uso de máquinas, herramientas y equipos de trabajo que facilitan la realización de las distintas tareas para la transformación de la naturaleza.
- **Organización:** planificación de la actividad laboral. Coordinando las tareas de los distintos trabajadores se consiguen mejores resultados.

Cuando no se controlan adecuadamente ambos efectos o no funcionan con corrección, aparecen riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores.

#### **6.3.2.2. La salud**

La salud es según la Organización Mundial de la Salud el estado completo de bienestar físico, mental y social. Así pues, debemos considerar la salud como un proceso permanente de desarrollo. No es fruto del azar y se puede perder y recuperar, según las condiciones laborales de cada trabajador.

#### **6.3.2.3. Los riesgos profesionales**

Se trata de las situaciones que pueden romper el equilibrio físico, psíquico y social de los trabajadores.

En la Ley de Prevención de Riesgos Laborales se describe como la “posibilidad de que un trabajador sufra un daño derivado de su trabajo. La calificación de su gravedad dependerá de la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo.”



El otro concepto relacionado a la prevención de riesgos es el peligro, que se define como propiedad o aptitud intrínseca de algún elemento de trabajo para ocasionar daños. En ocasiones se confunden estos dos términos.

**a) Condiciones de trabajo**

Son cualquier característica del trabajo mismo que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud del trabajo.

Ellas son:

- Las características generales de los locales, instalaciones, equipos y otros útiles existentes en el centro de trabajo.
- La naturaleza de los agentes físicos, químicos y biológicos presentes en el ambiente de trabajo y sus correspondientes intensidades.
- Los procedimientos para el uso de los agentes citados que influyan en la generación de riesgos.
- Aquellas características del trabajo, incluidas aquellas relativas a su organización y ordenación, que influyan en la magnitud de los riesgos a que esté expuesto un trabajador.

**b) Factores de riesgo**

Es el elemento o conjunto de variables que están presentes en las condiciones de trabajo y que pueden originar una disminución del nivel de salud del trabajador. El estudio de estos factores se divide en 5 grupos:

**1) Condiciones de seguridad:** Son las condiciones materiales que pueden dar lugar a un accidente en el trabajo.

- Lugar y superficie de trabajo.
- Máquinas y equipos de trabajos.
- Riesgos eléctricos.





- Manipulación, transporte,...

2) Medio ambiente físico del trabajo: Aparecen de forma natural o modificados por el proceso de producción.

- Condiciones de temperatura, humedad, ventilación.
- Iluminación.
- Ruido.
- Vibraciones.
- Radiaciones (ionizantes o no)

3) Contaminantes: Son elementos extraños al organismo humano capaces de producir alteraciones a la salud. Pueden ser:

- Contaminantes químicos, o las sustancias químicas que durante la fabricación, transporte, almacenamiento o uso puedan incorporarse al ambiente en forma de aerosol, gas o vapor y afectar a la salud de los trabajadores. Su vía de entrada al organismo suele ser la respiratoria, pero también a través de la piel o por el aparato digestivo.
- Contaminantes biológicos, o los microorganismos que pueden estar presentes en el ambiente del trabajo y originar alteraciones en la salud, como pueden ser bacterias, virus, pelos de animales, o polen y polvo de los vegetales.

4) Exceso de carga física o mental: Tienen que ver con la organización y estructura empresarial, que suelen afectar en el ámbito físico y mental debido a los esfuerzos realizados por el trabajador.

- Carga física, esfuerzos físicos de todo tipo así como situación estática.
- Carga mental, nivel de exigencia psíquica de la tarea (monotonía, falta de autonomía,...)



5) Factores organizativos que afectan al tipo de jornada, horarios, decisiones a tomar, etc.: Para la prevención de estos factores de riesgo hay unas técnicas específicas a cumplir:

- Seguridad en el trabajo.
- Higiene industrial.
- Medicina del trabajo.
- Psicosociología.
- Ergonomía.

Se deben adoptar las medidas necesarias para cumplir estos requisitos así previniendo los riesgos.

### **6.3.3. Riesgos derivados de las condiciones de seguridad**

Para evitar el mayor número de accidentes posibles hay que extremar las siguientes precauciones:

#### **6.3.3.1. Factores de seguridad en el lugar de trabajo**

En el trabajo siempre se deberá cumplir:

- Condiciones constructivas, el diseño y características constructivas de los lugares de trabajo, como ofrecer seguridad frente a riesgo de resbalones o caídas, choques, golpes, derrumbamientos,... esos elementos son la seguridad estructural, espacios de trabajo en zonas peligrosas, suelos, aberturas, desniveles y barandillas, tabiques y ventanas, puertas, rampas, escaleras de mano, condiciones de protección contra incendios, acceso para minusválidos, instalación eléctrica...
- Orden, limpieza y mantenimiento, en todas las zonas del trabajo.
- Señalización de seguridad y salud.
- Instalaciones de servicio y protección.
- Condiciones ambientales, temperatura, ruido, contaminantes,...
- Iluminación.



- Servicios higiénicos y locales de descanso, como fuentes de agua potable, vestuarios, locales al aire libre,...
- Material y locales de primeros auxilios.

### **6.3.3.2. Máquinas y equipos de trabajo**

Se debe tener en cuenta:

- Las condiciones características específicas del trabajo que se desarrolle.
- Los riesgos existentes para la seguridad y la salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- Las adaptaciones necesarias para su uso por trabajadores discapacitados.

Para disminuir la tasa de siniestralidad laboral en lo referente a los accidentes que se producen a causa de fallos de seguridad relacionados con las máquinas se necesita:

- Seguridad en el producto, el mercado CE garantiza la comercialización de máquinas y equipos que vengan de fábrica con los requisitos de seguridad necesarios para proteger a los trabajadores.
- Instalación, siguiendo instrucciones del fabricante y en los lugares apropiados.
- Mantenimiento por personal especializado.
- Uso adecuado, por el personal autorizado.

### **6.3.3.3. Riesgo eléctrico**

Existen dos tipos de contacto eléctrico:

- Directo, con las partes activas de los materiales y equipos.
- Indirecto, con partes puestas accidentalmente bajo tensión.

Para evitar en la medida de lo posible los riesgos de los contactos eléctricos hay que:

- Alejar las partes activas para evitar contactos fortuitos.



- Aislar las masas con recubrimientos apropiados.
- Interponer obstáculos para impedir contactos accidentales.

#### **6.3.3.4. Riesgo de incendio**

Está presente en cualquier actividad. Cuando estos rasgos se presentan es más fácil que se produzca un incendio:

- Presencia de combustible (cualquier sustancia capaz de arder).
- Presencia de comburente (sustancia que hace que otra entre en combustión).
- Fuente de calor (foco de calor).
- Reacción en cadena (proceso que acelera la propagación del fuego).

Factores a tener en cuenta en la actuación contra el incendio:

- Diseño, estructura y materiales de construcción de las instalaciones.
- Situación del centro de trabajo, tipo de actividad, edificios colindantes...
- Detección y alarma, cualquier incendio es controlable si se detecta y localiza a tiempo, antes de propagarse y alcanzar grandes dimensiones.
- Medios de extinción, como son los equipos portátiles (extintores), instalaciones fijas (bocas de incendio, columnas secas, rociadores...).
- Evacuación del personal, para evitar daños en la salud de los trabajadores se debe tener un plan de evacuación.

#### **6.3.4. Riesgos derivados del medioambiente físico**

##### **6.3.4.1. Ruido**

Las características del sonido que hacen diferentes unos ruidos de otros son:

- **Frecuencia:** es la periodicidad en que se repite una oscilación sonora. Se mide en hertzios y determina el tono. Las frecuencias altas o agudas son las más graves para la salud.



- **Intensidad:** fuerza de vibración sonora. Se mide en decibelios y determina el grado de presión o energía sonora. Clasifica los sonidos en fuertes o débiles.

#### 6.3.4.2. Vibraciones

Son oscilaciones de partículas alrededor de un punto, en un medio físico equilibrado cualquiera. Se producen por el efecto propio del funcionamiento de una máquina o equipo. Pueden producir varios efectos:

- **Muy baja frecuencia (menos de 2 Hz.):** alteraciones del sentido del equilibrio, provocando mareos, náuseas y vómitos (movimiento de balanceo de coches, barcos...).
- **Baja y media frecuencia (2-20 Hz.):** afectan sobre todo a la columna vertebral, aparato digestivo y visión (vehículos y maquinaria industrial, tractores, obras públicas).
- **Alta frecuencia (20-300 Hz.):** pueden producir quemaduras por rozamiento y problemas vasomotores).

#### 6.3.4.3. Radiaciones

Son ondas de energía que inciden sobre el organismo humano, pudiendo llegar a producir efectos dañinos para la salud de los trabajadores. Existen dos tipos:

- **Radiaciones ionizantes:** ondas de alta frecuencia (rayos X, rayos gamma, partículas atómicas...) que tienen gran poder energético ya que pueden transformar la estructura de los átomos provocando la expulsión de electrones de su orbita. Los efectos para la salud dependen de la dosis absorbida por el organismo. Puede afectar tanto a los tejidos como a los órganos. Provocando desde nauseas, vómitos y cefaleas hasta alteraciones cutáneas y cáncer.
- **Radiaciones no ionizantes:** son ondas de baja o media frecuencia (microondas, infrarrojos, ultravioleta,...) que poseen poca energía (no producen la ionización de



la materia. Pueden provocar efectos térmicos o irritaciones en la piel hasta conjuntivitis, quemaduras graves, cáncer de piel.

#### **6.3.4.4. Condiciones termo-higiénicas**

Son las condiciones físicas ambientales de la temperatura, humedad y ventilación, en las que se desarrolla un trabajo. Hay diferentes variables que deben considerarse de forma global:

- Temperatura del aire, humedad del aire, temperatura de paredes y objetos, velocidad del aire, actividad física, clase de ropa.
- Unas malas condiciones pueden provocar efectos negativos tanto para la salud (resfriados, deshidratación, golpes de calor...) o efectos en la conducta (aumento de la fatiga).

#### **6.3.5. Riesgos derivados de contaminantes químicos y biológicos**

##### **6.3.5.1. Contaminantes químicos**

Son sustancias constituidas por materia inerte que pueden estar presentes en el aire que respiramos de forma sólida, líquida o gaseosa. Se pueden incorporar en el ambiente al transportarse, fabricación, almacenamiento o uso.

Las vías de entrada en este organismo son:

- *Vía respiratoria*: nariz, boca laringe, pulmones...
- *Vía dérmica*: se incorpora el contaminante a la sangre a través de la piel.
- *Vía digestiva*: todo el aparato digestivo mas las mucosidades del sistema respiratorio.
- *Vía parenteral*: penetración por llagas, heridas o punciones.

Los efectos de estos contaminantes son:



- Irritantes, hinchazón de la zona de contacto.
- Asfixiantes, impide la llegada de oxígeno a las células y altera los mecanismos oxidativos biológicos.
- Anestésicos, depresores del sistema nervioso central.
- Corrosivos, destruyen los tejidos con los que entran en contacto.
- Neumoconióticos, partículas sólidas que se acumulan en las vías respiratorias.
- Sensibilizantes, producen reacciones alérgicas.
- Cancerígenas, pueden ser mutágenos (modificaciones hereditarias) y teratógenos (producen malformaciones en la descendencia).
- Tóxicos sistémicos, alteran órganos y sistemas específicos.

#### **6.3.5.2. Contaminantes biológicos**

Son microorganismos o partes de seres vivos que pueden estar presentes en el ambiente de trabajo y originar alteraciones. Son bacterias, virus y hongos, que penetran en el organismo y producen cualquier tipo de infección.



## 6.4. **MEDIDAS IMPLANTADAS**

### 6.4.1. **Medidas generales**

- Todo aviso o señal de seguridad constituye una norma, por lo que se debe cumplir en todo momento.
- Todo trabajador debe cumplir las indicaciones dadas por su superior en cuanto a métodos de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Cualquier rotura, daño o defecto producido sobre las instalaciones, trabajadores, máquinas, etc... deben ser comunicados de inmediato al personal responsable.
- El lugar o puesto de trabajo debe mantenerse en todo momento ordenado y limpio.
- El tránsito de personal por el taller debe efectuarse por los pasillos señalizados a tal efecto, y bajo ningún concepto se permite correr. Los pasillos y las calles deben estar libres de obstáculos.
- Cualquier herida o lesión, por leve que sea, debe ser tratada de inmediato en el botiquín (primeros auxilios) por el personal responsable.
- Sólo se puede comer y beber durante el tiempo establecido a tal efecto, en los recintos donde está expresamente permitido.
- Durante el tiempo de trabajo está totalmente prohibido ingerir bebidas alcohólicas y productos de naturaleza narcótica. Tampoco se permitirá la entrada al trabajador que se encuentre en estado de embriaguez.
- No se debe penetrar en los recintos cerrados ni en los de paso restringido al personal autorizado.





- En recintos donde se almacenan materias fácilmente inflamables está terminantemente prohibido fumar.
- Se debe conocer perfectamente el funcionamiento y ubicación de los extintores.
- No se debe usar el aire comprimido para limpiar el polvo de las ropas o para quitar virutas.
- Queda totalmente prohibido detenerse debajo de cargas suspendidas en el aire.
- En los puestos donde se requiere, es obligatorio el uso de equipo de protección personal.
- No se debe apilar o dejar material fuera de los lugares señalados.
- Para la extracción de líquidos corrosivos, deben emplearse dispositivos que eviten salpicaduras, como son los volcadores, sifones...
- Revisar las herramientas de trabajo para asegurarse de su correcto estado de utilización.

#### **6.4.2. Prevención de accidentes por caídas**

- Mantener el lugar o puesto de trabajo limpio, especialmente de grasa, aceite u otros líquidos.
- Al subir o bajar escaleras fijas, apoyar toda la superficie del pie para evitar torceduras o resbalamientos. No correr en los desplazamientos.
- No pisar objetos o zonas que carezcan de rigidez.



- Señalizar y/o tapar los huecos que supongan riesgos de caídas.
- Los pasillos y zonas de paso deben estar despejadas.
- Si se debe acceder a algún punto de altura, emplear plataformas o escaleras perfectamente apuntadas, pero nunca se deben encaramar a las máquinas o estanterías, ni emplear taburetes, sillas, mesas o cajas, etc.
- Al transportar una carga, procurar que no impida la visión.

#### **6.4.3. Prevención de accidentes oculares**

- Las gafas de protección se usarán con todos sus componentes, sin desmontar sus protecciones laterales, y su obligatoriedad será fijada mediante carteles indicativos.
- El buen uso y conservación es responsabilidad del usuario. En caso de necesitarlo el operario, las gafas se proveerán con cristales graduados.
- Está prohibido retirar las protecciones contra la proyección de partículas de que disponen diversas máquinas.
- El uso de las gafas es obligatorio cuando se trabaja con máquinas que carecen de protección contra la proyección de partículas.
- En el caso que se produzca la proyección de un cuerpo extraño al ojo, sin enclavamiento, se procederá a su extracción con una punta de pañuelo enrollada.

#### **6.4.4. Prevención de accidentes por cortes**

- En la manipulación de tablones deben emplearse toda clase de protecciones contra los cortes, como son guantes, manguitos, botas, etc.



- Manipular las piezas de tamaño mediano y grande de una en una. Si la pieza se desliza no se debe intentar sujetarla.
- El uso de guantes es estrictamente obligatorio durante el manejo de tabloncillos punzantes, cortantes o con aristas vivas.
- Las virutas de las máquinas se deben retirar con ganchos provistos de cazoletas que protejan la mano. Bajo ningún pretexto se utilizarán las manos para retirarlas.

#### **6.4.5. Prevención de accidentes por atrapamiento**

- Se debe tener precaución con el movimiento de elementos que pueden atrapar algún miembro por compresión.
- Se debe tener precaución con los elementos de máquinas o instalaciones en donde el movimiento de traslación o rotación pueda arrastrar al trabajador por enganche de un miembro o parte de su vestimenta.
- No se debe acompañar con las manos desplazamientos automáticos de piezas y máquinas.
- Se debe tener precaución con el movimiento de los componentes de máquinas en los que puedan entrar o quedar atrapadas cualquier parte del cuerpo.

#### **6.4.6. Prevención de accidentes con herramientas manuales**

- Las herramientas manuales sólo se deben emplear para el fin por el que se han concebido, y nunca con segundas aplicaciones ni fines auxiliares. Por ello debe procurarse que no tengan defectos ni desgastes que dificulten su correcta utilización.



- Todas las herramientas manuales deben permanecer perfectamente limpias; en el momento de utilizarlas, las manos deberán estar secas y limpias de grasas o aceites que impidan la seguridad en la sujeción.
- Las herramientas cortantes o punzantes se mantendrán debidamente afiladas y deberán carecer de rebabas. Cuando no se utilicen estarán provistas de fundas protectoras para filos o puntas.

#### **6.4.7. Prevención de accidentes en máquinas portátiles eléctricas**

- Los enchufes y alargaderas eléctricas deben ser inspeccionados periódicamente, revisando la funda protectora de los hilos, y las conexiones de las clavijas.
- Se debe evitar poner las máquinas sobre lugares húmedos.
- Las tomas de corriente nunca se deben efectuar directamente con los cables, sino con clavijas normalizadas.
- En trabajos con amoladora, pulidoras, etc., el operario deberá mantenerse siempre fuera del plano de rotación del disco.
- Al trabajar con estas herramientas en lugares húmedos o en locales donde se suda mucho, se deben utilizar transformadores que reduzcan la tensión a menos de 50 voltios.
- En caso de avería, los cables no se deben reparar con cinta aislante, ya que con el tiempo se reseca, pierde el poder adhesivo y absorbe la humedad; lo correcto es reemplazarlos por otros nuevos.



#### **6.4.8. Prevención de accidentes en máquinas neumáticas**

- Antes de poner en marcha una máquina, se deben conocer las operaciones se han de realizar y su correcto empleo.
- Debe prestarse la máxima atención al proceso de trabajo establecido para cada operación.
- No se debe iniciar ningún trabajo sin que las protecciones de la máquina estén correctamente colocadas.
- En operaciones con máquinas herramientas, el operario debe llevar la ropa de trabajo (buzo) bien ajustado al cuerpo, con las mangas ajustadas a la muñeca y sin que los cinturones tengan libres o sueltos los extremos.

#### **6.4.9. Prevención de accidentes de máquinas-herramientas**

- Antes de poner en marcha una máquina, se deben conocer las operaciones que se han de realizar y su correcto empleo.
- Debe prestarse la máxima atención al proceso de trabajo establecido para cada operación.
- No se debe iniciar ningún trabajo sin que las protecciones de la máquina estén correctamente colocadas.
- En operaciones con máquinas herramientas, el operario debe llevar la ropa de trabajo (buzo) bien ajustado al cuerpo, con las mangas ajustadas a la muñeca y sin que los cinturones tengan libres o sueltos los extremos.



#### **6.4.10. Prevención de accidentes en almacenamientos**

- Al almacenar los materiales se deberá cuidar:
  - Obstruir el acceso a las tomas de agua, extintores, llaves contra incendio, cuadros eléctricos, interruptores, cajas de fusible, válvulas, máquinas, etc.
  - Bloquear los equipos de primeros auxilios, puertas o salidas de personal, pasillos, etc.
  - Dejar ocultos carteles informativos, señales de seguridad, indicaciones, etc.
- Al almacenar materiales pesados, se debe tener en cuenta que los pisos inferiores sean más resistentes.
- Almacenar correctamente para evitar los riesgos de accidentes debidos al paso de trabajadores y carretillas.
- Tipo de apilado
  - *Cruzado*: Se coloca una capa de materiales en ángulo recto con la capa inmediatamente inferior.
  - *De bidones*: De pie con el tapón hacia arriba. Entre fila y fila habrán de ir tablas de madera como soporte y protección.

#### **6.4.11. Prevención de accidentes eléctricos**

- Bajo ningún concepto se deben tocar los conductores eléctricos desnudos.
- Nunca se deben manipular las instalaciones eléctricas; es tarea del personal especializado.



- Cualquier instalación, máquina o aparatos eléctricos deben ser inspeccionados detenidamente antes de su utilización, así como sus cables y anclajes.
- Si se observa alguna chispa, desconectar y solicitar la revisión por los expertos.
- No colocar los cables sobre hierro, tuberías, chapas o muebles metálicos.
- Al desconectar un aparato, tirar de la clavija, nunca del cable.
- No se debe reparar un fusible, sino sustituirlo por otro nuevo.
- Nunca se debe apagar un incendio de origen eléctrico con agua. Se deben utilizar extintores de anhídrido carbónico o de polvo.
- Cómo proceder en caso de accidente eléctrico por contacto.
  - Desconectar la corriente.
  - Alejar al accidentado por contacto, empleando materiales aislantes, guantes de goma, madera seca, etc. No tocarlo sin estar aislados.
  - Practicar la respiración artificial inmediatamente.
  - Avisar al médico.
- Las cinco reglas básicas contra riesgos eléctricos.
  - Antes de utilizar cualquier aparato o instalación eléctrica, hay que asegurarse de su perfecto estado.
  - Para utilizar un aparato o instalación eléctrica, sólo se deben manipular los elementos de mano previstos para tal fin.
  - No se deben emplear aparatos eléctricos ni instalaciones eléctricas cuando accidentalmente se encuentren mojadas, o cuando la misma persona tenga las manos o los pies húmedos.



- En caso de avería o incidente, se debe cortar la corriente como primera medida, después avisar al personal especializado.
- En caso de avería de la instalación o de la herramienta, se debe llamar al electricista, no se debe utilizar la instalación y se ha de impedir que otros la utilicen.





## 6.5. PROTECCIONES COLECTIVAS

### 6.5.1. Protecciones colectivas generales

#### 6.5.1.1. Señalización

El Real Decreto 485/1997, del 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud en el trabajo, indica que deberá utilizarse una señalización de seguridad y salud a fin de:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos prohibiciones u obligaciones.
- Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

#### Tipos de señales:

a) *En forma de panel:*

<i>Señales de advertencia</i>	
Forma	Triangular
Color de fondo	Amarillo
Color de contraste	Negro
Color de símbolo	Negro



<b><i>Señales de prohibición</i></b>	
Forma	Redonda
Color de fondo	Blanco
Color de contraste	Rojo
Color de símbolo	Negro

<b><i>Señales de obligación</i></b>	
Forma	Redonda
Color de fondo	Azul
Color de símbolo	Blanco

<b><i>Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios</i></b>	
Forma	Rectangular o cuadrada
Color de fondo	Rojo
Color de símbolo	Blanco

<b><i>Señales de salvamento de socorro</i></b>	
Forma	Rectangular o cuadrada
Color de fondo	Verde
Color de símbolo	Blanco

*b) Cinta de señalización:*

En caso de señalar obstáculos, zonas de caída de objetos, caída de personas a distinto nivel, choques, golpes, etc., se señalizará con los antes dichos paneles o bien se delimitará la zona de exposición al riesgo con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinadas 45°.



c) *Cinta de delimitación de zona de trabajo:*

Las zonas de trabajo se delimitarán con cintas de franjas alternas verticales de colores blanco y rojo.

**6.5.1.2. Protección de personas en instalaciones eléctricas**

Instalación eléctrica ajustada al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y hojas de interpretación, certificada por instalador autorizado.

De acuerdo con lo indicado en el Art. 3 del Anexo IV al R.D. 1627/1997 del 24 de octubre, la instalación eléctrica deberá satisfacer las siguientes condiciones:

- Deberá proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañe peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.
- El proyecto, la realización y la elección del material y de los dispositivos de protección deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada, las condiciones de los factores externos y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.

Los cables serán adecuados a la carga que han de soportar, conectados a las bases mediante clavijas normalizadas, blindados e interconexionados con uniones antihumedad y antichoque. Los fusibles blindados y calibrados según la carga máxima a soportar por los interruptores.

Habrà continuidad de la toma de tierra en las líneas de suministro interno de obra con un valor máximo de la resistencia de 80  $\Omega$ . Las máquinas fijas dispondrán de toma de tierra independiente.



Todos los circuitos de suministro a las máquinas e instalaciones de alumbrado estarán protegidos por fusibles blindados o interruptores magnetotérmicos y disyuntores diferenciales de alta sensibilidad en perfecto estado de funcionamiento.

Distancia de seguridad a líneas de Alta Tensión:  $3,3 + \text{Tensión (en KV)} / 100$  (ante el desconocimiento del voltaje de la línea, la distancia de seguridad será de 5 metros).

#### **6.5.1.3. Señales ópticas y acústicas de vehículos de obra**

Las máquinas autoportantes que puedan intervenir en las operaciones de manutención deberán disponer de:

- Una bocina o claxon de señalización acústica cuyo nivel sonoro sea superior al ruido ambiental, de manera que sea claramente audible; si se trata de señales intermitentes, la duración, intervalo y agrupación de los impulsos deberá permitir su correcta identificación, Anexo IV del R.D. 485/1997 del 14 de abril.
- Señales sonoras o luminosas (previsiblemente ambas a la vez) para indicación de la maniobra de marcha atrás, Anexo I del R.D. 1215/1997 del 18 de julio.
- Los dispositivos de emisión de señales luminosas para uso en caso de peligro grave deberán ser objeto de revisiones especiales o ir provistos de una bombilla auxiliar.
- En la parte más alta de la cabina dispondrán de un señalizado rotativo luminoso destellante de color ámbar para alertar de su presencia en circulación viaria.
- Dos focos de posición y cruce en la parte delantera y dos pilotos luminosos de color rojo detrás.
- Dispositivo de balizamiento de posición y preseñalización (lamas, conos, cintas, mallas, lámparas, destellantes, etc.).



#### **6.5.1.4. Aparatos elevadores**

Deberán ajustarse a su normativa específica, pero en cualquier caso, deberán satisfacer igualmente las condiciones siguientes (Art. 6C del Anexo IV del R.D. 1627/1997):

- Todos sus accesorios serán de buen diseño y construcción, teniendo resistencia adecuada para el uso al que estén destinados.
- Instalarse y usarse correctamente.
- Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
- Ser manejados por trabajadores cualificados que hayan recibido formación adecuada.
- Presentarán, de forma visible, indicación sobre la carga máxima que puedan soportar.
- No podrán utilizarse para fines deferentes de aquellos a los que estén destinados.

Durante la utilización de los mencionados aparatos elevadores, en aras a garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, deberán comprobarse los siguientes sistemas preventivos:

#### **Seguridad de carga máxima:**

Es el sistema de protección que impide trabajar con cargas superiores a las máximas admitidas por el cable estante de elevación, es decir, por la carga nominal del pié de flecha.

Normalmente van montadas en pié de flecha o contraflecha y están formados por arandelas tipo “Schnorr”, accionadas por el tiro del cable de elevación. Al deformarse las arandelas, accionan un microrruptor que impide la elevación de la carga y en algunos modelos, también que el carro se traslade hacia delante.

Se regulan de forma que con la carga nominal no corten y lo hagan netamente, al sobrepasar esta carga nominal como máximo en un 10%.



### **Seguridad de final de recorrido de gancho de elevación:**

Consiste en dos microrruptores, que impiden la elevación del gancho cuando éste se encuentra en las cercanías del carro y el descenso del mismo por debajo de la cota elegida como inferior (cota cero). De ésta forma, se impiden las falsas maniobras de choque del gancho contra el carro y el aflojamiento del cable de elevación por posar el gancho en el suelo.

Normas de carácter general, en el uso de aparatos elevadores:

- Acoplar adecuados pestillos de seguridad a los ganchos de suspensión de los aparatos elevadores.
- Las eslingas llevarán estampilladas en los casquillos prensados la identificación donde constará la carga máxima para la cual están recomendadas, según los criterios establecidos anteriormente en este mismo procedimiento.
- De utilizar cadenas estas serán de hierro forjado con un factor de seguridad no inferior a 5 de la carga nominal máxima, según los criterios establecidos anteriormente en este mismo procedimiento.
- En las fases de transporte y colocación de los encofrados, en ningún momento los operarios estarán debajo de la cadena suspendida. La carga deberá estar bien repartida y las eslingas o cadenas que la sujetan deberán tener argollas o ganchos con pestillo de seguridad. Deberá tenerse en cuenta lo indicado en el Art. 3 del Anexo II del R.D. 1215/97 de 18/7/97.
- El gruista antes de iniciar los trabajos comprobará el buen funcionamiento de los finales de carrera, frenos y velocidades, así como de los licitadores de giro, si los tuviera.
- Si durante el funcionamiento de la grúa se observara que los comandos de la grúa no se corresponden con los movimientos de la misma, se dejará de trabajar y se dará cuenta inmediata a la Dirección técnica de la obra o al Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.
- Evitar en todo momento pasar las cargas por encima de las personas.
- No se dejará caer el gancho de la grúa al suelo.



## **6.5.2. Protecciones colectivas particulares a cada fase de la obra**

### **6.5.2.1. Protección contra caídas de personas y objetos a diferentes alturas**

El riesgo de caída de altura de personas (precipitación, caída al vacío) es contemplado por el Anexo II del R.D. 1627/97 de 24/10/97 como riesgo especial para la seguridad y salud de los trabajadores, por ello, de acuerdo con los Art. 5.6 y 6.2 del mencionado R.D. se adjuntan las medidas preventivas específicas adecuadas.

### **6.5.2.2. Pasarelas**

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos se realizarán mediante pasarelas. Será preferiblemente prefabricadas de metal, o en su defecto realizadas “in situ”, de una anchura mínima de 1 metro, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria: La plataforma será capaz de resistir 300 Kg. de peso y estará dotada de guirnaldas de iluminación nocturna, si se encuentra afectando a la vía pública.

### **6.5.2.3. Escaleras portátiles**

Tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas.

Las escaleras que tengan que utilizarse en obra habrán de ser preferentemente de aluminio o hierro, a no ser posible se utilizarán de madera, pero con los peldaños ensamblados y no clavados. Estarán dotadas de zapatas, sujetas en la parte superior, y sobrepasarán en un metro el punto de apoyo superior.

Previamente a su utilización se elegirá el tipo de escalera a utilizar, en función de la tarea a la que esté destinada y se asegurará la estabilidad. No se emplearán escaleras excesivamente cortas o largas, ni empalmadas.



#### **6.5.2.4. Accesos y zonas de paso del personal, orden y limpieza**

Las aperturas de huecos horizontales sobre los forjados, deben condenarse con un tablero resistente, red, mallazo electrosoldado o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en sus inmediaciones con independencia de su profundidad o tamaño.

Las armaduras y/o conectores metálicos sobresalientes de las esperas de las mismas estarán cubiertas por resguardos tipo “seta” o cualquier otro sistema eficaz, en previsión de punciones o erosiones del personal que pueda colisionar sobre ellos.

En aquellas zonas en las que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos originados por los trabajos, se realizarán mediante pasarelas.

#### **6.5.2.5. Eslingas de cadena**

El fabricante deberá certificar que disponen de un factor de seguridad 5 sobre su carga nominal máxima y que los ganchos son de alta seguridad (pestillo de cierre automático al entrar en carga). El alargamiento de un 5% de un eslabón significa la caducidad inmediata de la eslinga.

#### **6.5.2.6. Eslingas de cable**

A la carga nominal máxima se aplica un factor de seguridad 6, siendo su tamaño y diámetro apropiado al tipo de maniobras a realizar, las gazas estarán protegidas por guardacabos metálicos fijados mediante casquillos prensados y los ganchos serán también de alta seguridad. La rotura del 10% de los hilos en un segmento superior a 8 veces del diámetro del cable o la rotura de un cordón significa la caducidad inmediata de la eslinga.

#### **6.5.2.7. Cabina de la maquinaria de movimientos de tierras**

Todas estas máquinas deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica, pero en cualquier caso deberán satisfacer las condiciones siguientes (Art. 7C del Anexo IV al R.D. 1627/1997 del 24 de octubre):





- Estar bien diseñados y contruidos, teniendo en cuenta los principios ergonómicos.
- Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
- Utilizarse correctamente.
- Los conductores han de recibir formación especial.
- Adoptarse las medidas oportunas para evitar su caída en excavaciones o en el agua.

Cuando sea necesario, las máquinas dispondrán de cabina o pórtico de seguridad resguardando el habitáculo del operador, dotada de perfecta visión frontal y lateral, estando provista permanentemente de cristales o rejillas irrompibles, para protegerse de la caída de materiales. Además dispondrán de una puerta a cada lado.

#### **6.5.2.8. Condiciones generales en trabajos de excavación y ataluzado**

Los trabajos con riesgos de sepultamiento o hundimiento son considerados especiales por el R.D. 1627/1997 (Anexo II) y por ello debe constar en este Estudio de Seguridad y Salud el catálogo de medidas preventivas específicas:

#### **6.5.2.9. Topes para vehículos en el perímetro de la excavación**

Se dispondrá de los mismos a fin de evitar la caída de los vehículos al interior de las zanjas o por las laderas.

#### **6.5.2.10. Ataluzado de las paredes de excavación**

Como criterio general se podrán seguir las siguientes directrices en la realización de taludes con bermas horizontales por cada 1,50 metros de profundidad y con la siguiente inclinación.

- Roca dura 80°.
- Arena fina o arcillosa 20°.

La inclinación del talud se ajustará a los cálculos de la Dirección Facultativa de la obra, salvo cambio de criterio avalado por Documentación Técnica complementaria.



El aumento de la inclinación y el drenado de las aguas que puedan afectar a la estabilidad del talud y a las capas de superficie del mismo, garantizan su comportamiento.

Se evitará, a toda costa, amontonar productos procedentes de la excavación, en los bordes de los taludes ya que, además de la sobrecarga que puedan representar, pueden llegar a embalsar aguas originando filtraciones que pueden arruinar el talud.

En taludes de alturas de más de 1,50 metros se deberán colocar bermas horizontales de 50 o 80 centímetros de ancho, para la vigilancia y alojar las conducciones provisionales o definitivas de la obra.

La colocación del talud debe tratarse como una berma, dejando expedito el paso o incluso disponiendo tableros de madera para facilitarlos.

En taludes de grandes dimensiones, se habrá previsto en proyecto la realización en su base, de cuentones relleno de grava suelta o canto de río de diámetro homogéneo, para retención de rebotes de materiales desprendidos, o alternatively si, por cuestión del espacio disponible, no pudieran realizarse aquellos, se apantallará la parábola teórica de los rebotes o se dispondrá un túnel isostático de defensa.

#### **6.5.2.11. Barandillas de protección**

En huecos verticales de coronación de taludes, con riesgo de caída de personas u objetos desde alturas superiores a 2 metros, se dispondrán barandillas de seguridad completas empotradas sobre el terreno, constituidas por balaustre vertical homologado o certificado por el fabricante respecto a su idoneidad en las condiciones de utilización por él descritas, pasamanos superior situado a 90 centímetros sobre el nivel del suelo, barra horizontal o listón intermedio (subsidiariamente barrotes verticales o mallazo con una separación máxima de 15 centímetros) y rodapié o plinto de 20 centímetros sobre el nivel del suelo, sólidamente anclados todos sus elementos entre sí, y de resistencia suficiente.



Los taludes de más de 1,50 metros de profundidad, estarán provistos de escaleras preferentemente excavados en el terreno o prefabricadas portátiles, que comuniquen cada nivel inferior con la berma superior, disponiendo una escalera por cada 30 metros de talud abierto o fracción de este valor.

Las bocas de los pozos y arquetas, deben condenarse con un tablero resistente, red o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en su interior y con independencia de su profundidad.

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos, se realizarán mediante pasarelas, preferiblemente prefabricadas de metal, o en su defecto realizadas “in situ”, de una anchura mínima de 1 metro, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria y capaz de resistir 300 Kg. de peso, dotada de guirnalda de iluminación nocturna.

El material de excavación estará apilado a una distancia del borde de la coronación del talud igual o superior a la mitad de su profundidad (multiplicar por dos en terrenos arenosos). La distancia mínima al borde es de 50 centímetros.

El acopio y estabilidad de los elementos prefabricados deberá estar previsto durante su fase de ensamblaje y reposo en superficie, así como las cunas, carteles o utillaje específico para la puesta en obra de dichos elementos.

La madera a utilizar estará clasificada según usos y limpias de clavos, flejadas o formando hileras entrecruzadas sobre una base amplia y nivelada. Altura máxima de la pila (sin tabloncillos estacados y arriostrados lateralmente): 1 metro.

#### **6.5.2.12. Cuerda de retenida**

Utilizada para posicionar y dirigir manualmente el canal de derrame del hormigón, en su aproximación a la zona de vertido, constituida por poliamida de alta tenacidad, calabroteada de 12 milímetros de diámetro, como mínimo.



#### **6.5.2.13. Sirgas**

Sirgas de desplazamiento y anclaje del cinturón de seguridad. Variables según los fabricantes y dispositivos de anclaje utilizados.

#### **6.5.2.14. Prevención de incendios, orden y limpieza**

Si las zanjas o pozos entran en contacto con zonas que albergan o transportan sustancias de origen orgánico o industrial, deberán adoptarse precauciones adicionales respecto a la presencia de residuos tóxicos, combustibles, deflagrantes, explosivos o biológicos.

La evacuación rápida del personal interior de la excavación debe quedar garantizada por la retirada de objetos en el fondo de zanja, que puedan interrumpir el paso.

Las zanjas de más de 1,30 metros de profundidad, estarán provistas de escaleras preferentemente de aluminio, que rebasen 1 metro sobre el nivel superior del corte, disponiendo una escalera por cada 15 metros de zanja abierta o fracción de este valor, que deberá estar correctamente arriostrada transversalmente.

Las bocas de los pozos deben condenarse con un tablero resistente, red o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en su interior y con independencia de su profundidad.

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos se realizarán mediante pasarelas, preferiblemente prefabricadas de metal o en su defecto realizadas “in situ”, de una anchura mínima 1 metro, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria y capaz de resistir 300 Kg. de peso, dotada de guirnaldas de iluminación nocturna.

El material de excavación estará apilado a una distancia del borde de la excavación igual o superior de su profundidad (multiplicar por dos en terrenos arenosos). La distancia mínima al borde es de 50 centímetros.



El acopio y estabilidad de los escudos metálicos de entibación deberá estar previsto durante su fase de ensamblaje y reposo en superficie, así como las cunas, carteles o utillaje específico para este tipo de entibados.

La madera de entibar, estará clasificada según usos y limpieas de clavos, flejadas o formando hileras entrecruzadas sobre una base amplia y nivelada.

Altura máxima de la pila (tablones estacados y arriostrados lateralmente): 1 metro.



## **6.6. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL**

Los Equipos de Protección Individual E.P.I., son elementos de protección asignados a cada uno de los trabajadores

### **Ropa de trabajo**

Será de empleo obligatorio y cumplirá, con carácter general, los siguientes requisitos mínimos:

- Será de tejido ligero y flexible, adecuada a las condiciones del puesto de trabajo.
- Se ajustará bien al cuerpo del trabajador, sin perjuicio de su facilidad de movimiento.
- Se eliminará ó reducirán en todo lo posible los elementos adicionales (bolsillos, cordones, etc...) para evitar suciedad y el peligro de enganches.
- Se prohíbe el uso de corbatas, bufandas, cadenas, collares, anillos, relojes, etc...

### **Control de la Cabeza:**

- Comprenderá la defensa del cráneo, cara y cuello y en su caso, la protección específica de ojos y oídos.
- Los cascos de seguridad estarán compuestos del casco propiamente dicho y del arnés de adaptación a la cabeza, el cual va provisto de barbuquejo ajustable.
- Deberán sustituirse aquellos cascos que hayan sufrido impactos violentos, aún cuando no se les aprecie exteriormente deterioro alguno.
- Serán de uso personal, y en aquellos casos en que hayan de ser utilizados por otras personas, se cambiarán las partes interiores, que se hallen en contacto con la cabeza.

### **Control de la Cara:**

Los medios de protección del rostro podrán ser de varios tipos:

- Pantallas abatibles sujetas al casco de protección.
- Pantallas con protección de cabeza, fijas ó abatibles.



Las pantallas contra la proyección de cuerpos físicos deberán ser de material orgánico, transparente, libre de estrías, rayas o deformaciones.

### **Protección de la vista:**

La protección de la vista se efectuará mediante el empleo de gafas, pantallas transparentes o Viseras.

Las gafas protectoras reunirán las condiciones mínimas siguientes:

- Sus armaduras metálicas o de material serán ligeras, indeformables al calor, incombustibles, cómodas y de diseño anatómico, sin perjuicio de su resistencia y eficacia.
- Cuando no exista peligro de impactos por partículas duras, podrán utilizarse gafas protectoras del tipo "panorámica", con armazón de vinilo flexible y con el visor de policarbonato o acetato transparente.
- Deberán ser de fácil limpieza y reducir lo mínimo posible el campo visual.

Las gafas y otros elementos de protección ocular se conservarán siempre limpios y se guardarán protegiéndolos contra el roce. Serán de uso individual y si fuesen usadas por varias personas, se entregarán previa esterilización y reemplazándose las bandas elásticas.

### **Cristales de protección:**

Las lentes para gafas de protección, tanto las de cristal como las de plástico transparente, deberán ser ópticamente neutras, libres de burbujas, motas, ondulaciones u otros defectos, y las incoloras deberán transmitir no menos del 89% de las radiaciones incidentes.

Cuando en el trabajo a realizar exista riesgo de deslumbramiento, las lentes serán de color ó llevarán un filtro para garantizar una absorción luminosa suficiente.



### **Protección de los oídos:**

Cuando el nivel de ruido en un puesto o área de trabajo sobrepase el margen de seguridad establecido y en todo caso, cuando sea superior a 80 decibelios, será obligatorio el uso de elementos o aparatos individuales de protección auditiva, sin perjuicio de las medidas generales de aislamiento o insonorización que proceda adoptar.

Para los ruidos de muy elevada intensidad, se dotará a los trabajadores que hayan de soportarlos, de auriculares con filtro, orejeras de almohadilla, discos o casquetes antirruidos o dispositivos similares.

Cuando se sobrepase el dintel de seguridad normal, será obligatorio el uso de tapones contra el ruido de goma de plástico, cera maleable, algodón o lana de vidrio.

Los elementos de protección auditiva, serán siempre de uso individual.

### **Protección de los pies:**

Para la protección de los pies, se dotará al trabajador de botas de seguridad adaptadas a los riesgos a prevenir.

- En trabajos con riesgos de accidentes mecánicos en los pies, será obligatorio el uso de botas o zapatos de seguridad con refuerzo metálico en la puntera. No así para trabajos en tensión, donde la puntera será de refuerzo plástico endurecido.
- La protección frente al agua y la humedad se efectuará con botas altas de goma.
- Los trabajadores ocupados en trabajos con peligro de descarga eléctrica, utilizarán calzado aislante.
- Siempre que las condiciones de trabajo lo requieran, las suelas serán antideslizantes.

### **Protección de extremidades superiores:**

Las protecciones de manos, se hará por medio de guantes, seleccionados para prevenir los riesgos existentes y para evitar la dificultad de movimientos al trabajador.





### **Cinturones de Seguridad:**

En todo trabajo de altura con peligro de caída eventual, será preceptivo el uso de cinturón de seguridad.

Estos cinturones, reunirán las siguientes características:

- Serán de cincha tejida en lino, algodón, lana de primera calidad ó fibra sintética.
- Tendrán una anchura comprendida entre los 10 y los 20 centímetros, un espesor no inferior a cuatro milímetros y su longitud será la más reducida posible.
- Se revisarán siempre antes de su uso y se desecharán cuando tengan cortes, grietas o deshilachados que comprometan su resistencia, calculada para el cuerpo humano en caída libre, en recorrido de cinco metros.
- Irán provistos de anillas por donde pasará la cuerda salvavidas, aquellas no podrán ir sujetas por medio de remaches.

La cuerda salvavidas será de nylon o de cáñamo de Manita con un diámetro de 12 milímetros en el primer caso, y de 17 milímetros en el segundo.

Queda prohibido el cable metálico, tanto por el riesgo de contacto con líneas eléctricas, cuanto por su menor elasticidad para la tensión en caso de caída.

Se vigilará de modo especial la seguridad del anclaje y su resistencia. En todo caso, la longitud de la cuerda debe cubrir distancias lo más cortas posibles.



## 6.7. PLANES DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN

El Art. 20 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales señala las obligaciones que tiene el empresario relacionadas con la adopción de medidas de emergencia en la empresa o centro de trabajo.

El empresario deberá también analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de personal.

Para ello debe designar a las personas encargadas de poner en práctica estas medidas y comprobar periódicamente su correcto funcionamiento. El personal citado deberá poseer la formación necesaria, ser un número suficiente y disponer del material adecuado en función de las circunstancias señaladas.

Para la aplicación de esas medidas, el empresario deberá organizar las relaciones que sean necesarias con servicios externos de la empresa que garanticen la rapidez y eficacia de las mismas.

El Plan de Autoprotección es un estudio completo desde el punto de vista de la seguridad de un edificio o un grupo de ellos, incluyendo las actividades que en ellos se desarrollen, con sus instalaciones de prevención y protección con lo que cuenta, así como los medios humanos y materiales disponibles.

Contenidos:

- **Evaluación del riesgo:** Valoración de las condiciones de riesgo del edificio en función de los medios disponibles.
- **Medios de protección:** Medios humanos y materiales disponibles y precisos, determinando los equipos y sus funciones para establecer los datos de interés que garanticen la prevención de riesgos.



- **Plan de emergencia:** Contempla las diversas hipótesis de emergencia, los planes de actuación de cada una de ellas y las condiciones de uso y mantenimiento de las instalaciones.
  
- **Implantación:** Divulgación general del plan, programas de formación específica del personal incorporado al mismo, realización de simulacros, programas de seguimientos,...



## 6.8. PRIMEROS AUXILIOS

De acuerdo con el apartado A.3 del Anexo VI del R.D. 486/1997, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se indica en la tabla siguiente, en la que se incluye además la identificación y las distancias a los centros de asistencia sanitaria más cercanos:

<b>PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA</b>		
<i>Nivel de asistencia</i>	<i>Nombre y ubicación</i>	<i>Distancia aproximada</i>
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia Primaria - Urgencias	Hospital de Navarra	4,9Km
Asistencia Especializada - Hospital	Hospital de Navarra	4,9Km



## **6.9. NORMATIVA APLICABLE**

- Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995, del 8 de noviembre).
- Reglamento de los Servicios de Prevención (Real Decreto 39/1997, del 7 de enero).
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (Real Decreto 485/1997, del 14 de abril).
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (Real Decreto 486/1997, del 14 de abril)
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Real Decreto 842/2002, del 2 de agosto)

Pamplona, a 27 de junio de 2011.

Fdo.: Miguel González Muro



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. Y CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN PARA NAVE INDUSTRIAL.

## BIBLIOGRAFÍA

Miguel González Muro

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, a 27 de junio de 2011



## **7. BIBLIOGRAFÍA**



## **ÍNDICE**

7.1. REGLAMENTOS, NORMATIVAS Y LIBROS .....	3
7.2. CATÁLOGOS CONSULTADOS .....	5





## 7.1. **REGLAMENTOS, NORMATIVAS Y LIBROS**

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002). Ministerio de ciencia y economía.
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero). Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.
- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre). Ministerio de Industria y Energía
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Real Decreto 31/1995, de 8 de noviembre)
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (Real Decreto 486/1997, de 14 de abril)
- Manual del alumbrado Westinghouse. Ed. CIE Inversiones editoriales. 4ª Edición.
- Instalación de NTE-IE electricidad. Normas tecnológicas de la edificación. Ed. Paraninfo 1996. Jose Carlos Toledano.
- Puesta a tierra en edificios en instalaciones eléctricas. Ed. Paraninfo 1997. Juan José Martínez Requera y José Carlos Toledano Gasca.
- Lámparas eléctricas, sistemas de iluminación, proyectos de alumbrado. Ed. CEAC 1987. José Remírez Vázquez.



- Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía eléctrica.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de “IBERDROLA distribución eléctrica S.A.”
- Canalizaciones, materiales de alta y baja tensión y centrales. Paul Hering.
- Protecciones en las instalaciones eléctricas. Paulino Montané.
- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría. UNESA. Febrero 1989.



## 7.2. CATÁLOGOS CONSULTADOS

En este apartado se adjuntan las direcciones Web de las empresas cuyos elementos han sido utilizados en el presente proyecto.

Las páginas Web son las siguientes:

- IDE. <http://www.ide.es>
  - Armarios metálicos para cuadros auxiliares.
- LEGRAND. <http://www.legrandelectric.com>
  - Luminarias de Emergencia y Señalización.
- MERLIN GERIN. <http://www.schneiderelectric.es>
  - Caseta prefabricada de hormigón para centro de transformación.
  - Celdas modulares para centro de transformación con aislamiento SF6.
  - Interruptores automáticos magnetotérmicos.
  - Interruptores diferenciales.
  - Batería de condensadores para compensación de energía reactiva.
- NAISA. [www.naisa.es](http://www.naisa.es)
  - E.P.I.'s
- ORMAZABAL. <http://www.ormazabal.com>
  - Transformador de potencia.



- PEMSA. <http://www.pemsa.com>
  - Tubos de PVC para canalización de conductores.
  - Bandeja Pemsaband Galvanizada mallada.
  - Soportes horizontales para bandeja.
- PHILIPS. <http://www.eurlighting.philips.com>
  - Lámparas y luminarias.
- PRYSMIAN. <http://www.prysmian.es>
  - Conductores.
- SALICRU. [www.salicru.com](http://www.salicru.com)
  - Equipos SAI
- SIMON. [www.simon.es](http://www.simon.es)
  - Tomas de corriente
  - Interruptores, conmutadores y conmutadores de cruce.
- URIARTE. [www.safybox.com](http://www.safybox.com)
  - Picas para puesta a tierra